



**Università  
degli Studi  
di Napoli  
Federico II**

**Facoltà di  
Ingegneria**

**VALUTAZIONE COMPARATIVA SPERIMENTALE  
DI METODOLOGIE NORMATE  
PER IL CALCOLO DELLA VITA UTILE  
DI COMPONENTI EDILIZI**

Maria Luisa Vitiello





# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI**

## **FEDERICO II**



### *Dottorato di Ricerca in*

## **INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI**

### **XXV CICLO**

#### **Collegio dei Docenti**

Proff.: Antonio De Luca, Aldo Evangelista, Federico Massimo Mazzolani, Flavia Fascia, Renato Iovino, Raffaele Landolfo, Claudio Mancuso, Francesco Marotti De Sciarra, Maurizio Nicoella, Marco Valerio Nicotera, Luciano Nunziante, Mario Pasquino, Pasquale Petrella, Giampiero Russo, Giorgio Serino.

**Coordinatore:** Prof. Luciano Rosati

### **VALUTAZIONE COMPARATIVA SPERIMENTALE DI METODOLOGIE NORMATE PER IL CALCOLO DELLA VITA UTILE DI COMPONENTI EDILIZI**

I tutori

Prof. Ing. Maurizio Nicoella

Prof. Ing. Pasquale Petrella

Il dottorando

Ing. Maria Luisa Vitiello

## INDICE

Introduzione	pag.	8
1.- La Valutazione del ciclo di vita dei componenti edilizi	pag.	10
1.1.- La tematica durabilistica	pag.	10
1.2.- La strategia per l'estensione della durata: la manutenzione	pag.	11
1.3.- Ciclo di vita dell'edificio e cicli di vita dei componenti	pag.	13
1.4.- Metodologia per la valutazione della vita utile	pag.	14
1.5.- La qualità nel tempo e il degrado in edilizia	pag.	15
1.6.- La patologia edilizia	pag.	18
1.7.- I criteri di scomposizione dell'edificio	pag.	21
2.- Il componente edificio intonaco	pag.	23
2.1.- L'intonaco	pag.	23
2.2.- Durata del rivestimento	pag.	24
2.3.- Caratteristiche della malta	pag.	25
2.3.1.- Intonaco a base di calce aerea comune	pag.	25
2.3.2.- Intonaco a base di calce idraulica	pag.	26
2.3.3.- Intonaco a base di cemento	pag.	26
2.3.4.- Intonaco a base di gesso	pag.	27
2.3.5.- Intonaco a base di malta bastarda	pag.	27
2.4.- La compatibilità tra l'intonaco ed il supporto	pag.	27
2.5.- Il degrado dell'intonaco	pag.	30
2.6.- Tipologie di difetti ed interventi necessari	pag.	34
2.7.- Frequenza delle azioni manutentive sugli intonaci	pag.	36
2.8.- I sistemi di coloritura: caratteristiche, requisiti e compatibilità con i diversi supporti	pag.	37
2.8.1.- Caratteristiche fisiche e requisiti prestazionali dei sistemi di coloritura	pag.	37
2.8.2.- Compatibilità tra sistemi di coloritura e supporti	pag.	38
2.8.3.- La preparazione dei supporti	pag.	39
2.8.4.- La fase di applicazione: condizioni termoigrometriche, ambientali e del supporto	pag.	40
3.- La normativa mondiale: ISO 15686	pag.	41
3.1.- La "International organization for standardization"	pag.	41
3.2.- La norma ISO 15686:		
"Building and constructed assets. Service life planning"	pag.	43
3.3.- ISO 15686-1: 2000 "General principles"	pag.	44
3.3.1.- Service life prediction based on exposure and performance evaluation	pag.	50
3.3.2.- Factor method for estimating service life	pag.	51
3.4.- ISO 15686-2: 2001 "Service life prediction procedures"	pag.	53
3.5.- ISO 15686-3: 2002 "Performance audits and reviews"	pag.	55
3.6.- ISO 15686-4: 2003 "Data requirements"	pag.	56
3.7.- ISO 15686-5: 2008 "Life cycle costing"	pag.	58



3.7.1.- Life cycle costing	pag.	59
3.7.2.- Whole life costing	pag.	60
3.8.- ISO 15686-6: 2004 “Procedure for considering environmental impact”	pag.	60
3.9.- ISO 15686-7: 2006 “Performance evaluation for feedback of service life data from practice”	pag.	61
3.10.- ISO 15686-8: 2008 “Reference service life and service-life estimation”	pag.	64
3.11.- ISO 15686-9: 2008 “Guidance on assessment of service-life data”	pag.	66
4.- La normativa nazionale	pag.	67
4.1.- L’evoluzione della normativa cogente	pag.	67
4.2.- Il D.M. 14.01.2008 e la C.M. 617/2009	pag.	67
4.3.- La normativa volontaria UNI 11156	pag.	73
4.3.1.- Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI	pag.	73
4.4.- UNI 11156- Valutazione della durabilità dei componenti edilizi	pag.	77
4.4.1.- UNI 11156-1: 2006 “Terminologia e definizioni dei parametri di valutazione”	pag.	77
4.4.1.1.- Termini e definizioni	pag.	78
4.4.1.2.- Parametri per la valutazione della durabilità	pag.	78
4.4.2.- UNI 11156-2: 2006 “Metodo per la valutazione della propensione all’affidabilità”	pag.	79
4.4.3.- UNI 11156-3: 2006 “Metodo per la valutazione della durata”	pag.	82
4.4.3.1.- Metodologia per la valutazione della vita utile di un elemento tecnico	pag.	82
4.4.3.2.- Metodi di previsione della vita utile in condizione di progetto	pag.	85
4.4.3.3.- Analisi funzionale degli elementi tecnici	pag.	87
4.4.3.4.- Metodo per la valutazione della durata sulla base di dati rilevati da edifici campione	pag.	88
5.- L’attività sperimentale per la determinazione del ciclo di vita del componente edilizio intonaco	pag.	92
5.1.- Struttura del percorso sperimentale	pag.	92
5.2.- La vita utile dell’intonaco con il metodo fattoriale dello standard ISO 15686	pag.	93
5.3.- Vita utile dell’intonaco con il metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	97
5.4.- Schede di rilievo dei dati necessari all’applicazione delle metodologie	pag.	110
6.- Edifici analizzati	pag.	111
6.1.- Edificio 1 - Via del Parco Margherita 24	pag.	113
6.1.1.- Scheda di rilievo	pag.	113
6.1.2.- La vita utile reale dell’intonaco (RLC)	pag.	116

6.1.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	116
6.1.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	119
6.1.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	125
6.2.- Edificio 2 – Corso Vittorio Emanuele 122	pag.	128
6.2.1.- Scheda di rilievo	pag.	128
6.2.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	132
6.2.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	132
6.2.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	135
6.2.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	141
6.3.- Edificio 3 – Via Domenico Cimarosa 84	pag.	144
6.3.1.- Scheda di rilievo	pag.	144
6.3.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	148
6.3.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	148
6.3.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	151
6.3.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	157
6.4.- Edificio 4 – Via Enrico Alvino 60	pag.	160
6.4.1.- Scheda di rilievo	pag.	160
6.4.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	164
6.4.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	164
6.4.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	167
6.4.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	172
6.5.- Edificio 5 – Vico Monteroduni 8	pag.	175
6.5.1.- Scheda di rilievo	pag.	175
6.5.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	178
6.5.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	178
6.5.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	181
6.5.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	187
6.6.- Edificio 6 – Via Chiaia 142	pag.	190
6.6.1.- Scheda di rilievo	pag.	190
6.6.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	192
6.6.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	193
6.6.4.- Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	196
6.6.5.- Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	202
6.7.- Edificio 7 – Via Luigia San Felice 21	pag.	205
6.7.1.- Scheda di rilievo	pag.	205
6.7.2.- La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	207
6.7.3.- Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	208



6.7.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	211
6.7.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	217
6.8.-	Edificio 8 – Via Enrico Alvino 2	pag.	220
6.8.1.-	Scheda di rilievo	pag.	220
6.8.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	224
6.8.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	224
6.8.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	227
6.8.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	233
6.9.-	Edificio 9 – Via Giuseppe Martucci 10	pag.	236
6.9.1.-	Scheda di rilievo	pag.	236
6.9.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	239
6.9.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	240
6.9.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	243
6.9.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	249
6.10.-	Edificio 10 – Corso Chiaiano 44	pag.	252
6.10.1.-	Scheda di rilievo	pag.	252
6.10.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	255
6.10.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	255
6.10.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	258
6.10.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	264
6.11.-	Edificio 11 – Via Posillipo 1-2	pag.	267
6.11.1.-	Scheda di rilievo	pag.	267
6.11.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	270
6.11.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	270
6.11.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	273
6.11.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	278
6.12.-	Edificio 12 – Via Giordano Bruno 135	pag.	281
6.12.1.-	Scheda di rilievo	pag.	284
6.12.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	284
6.12.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	284
6.12.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	287
6.12.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	293
6.13.-	Edificio 13 – Via Cumana 29	pag.	296
6.13.1.-	Scheda di rilievo	pag.	296
6.13.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	298
6.13.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	299
6.13.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	302

6.13.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	308
6.14.-	Edificio 14 – Via Mercantini 2-16, IS. 3	pag.	311
6.14.1.-	Scheda di rilievo	pag.	311
6.14.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	313
6.14.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	314
6.14.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	317
6.14.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	323
6.15.-	Edificio 15 - Via Mercantini 2-16, IS. 4	pag.	326
6.15.1.-	Scheda di rilievo	pag.	326
6.15.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	328
6.15.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	329
6.15.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	332
6.15.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	338
6.16.-	Edificio 16 - Via Mercantini 2-16, IS. 5	pag.	341
6.16.1.-	Scheda di rilievo	pag.	341
6.16.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	343
6.16.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	344
6.16.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	347
6.16.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	353
6.17.-	Edificio 17 - Via Mercantini 2-16, IS. 2	pag.	356
6.17.1.-	Scheda di rilievo	pag.	356
6.17.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	358
6.17.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	359
6.17.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	362
6.17.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	368
6.18.-	Edificio 18 – Corso Vittorio Emanuele 244	pag.	371
6.18.1.-	Scheda di rilievo	pag.	371
6.18.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	374
6.18.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	374
6.18.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	377
6.18.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	382
6.19.-	Edificio 19 – Via Piedigrotta 34	pag.	385
6.19.1.-	Scheda di rilievo	pag.	385
6.19.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	388
6.19.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	388
6.19.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	391
6.19.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	397
6.20.-	Edificio 20 – Via Piedigrotta 54	pag.	400



6.20.1.-	Scheda di rilievo	pag.	400
6.20.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	403
6.20.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	403
6.20.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	406
6.20.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	411
6.21.-	Edificio 21 – Via Grotta Vecchia 54	pag.	414
6.21.1.-	Scheda di rilievo	pag.	414
6.21.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	417
6.21.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	417
6.21.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	420
6.21.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	426
6.22.-	Edificio 22 – Via Luigi Pirandello 21, IS. A	pag.	429
6.22.1.-	Scheda di rilievo	pag.	429
6.22.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	432
6.22.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	432
6.22.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	435
6.22.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	441
6.23.-	Edificio 23 - Via Luigi Pirandello 21, IS. B	pag.	444
6.23.1.-	Scheda di rilievo	pag.	444
6.23.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	447
6.23.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	447
6.23.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	450
6.23.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	456
6.24.-	Edificio 24 – Via Nino Bixio 48	pag.	459
6.24.1.-	Scheda di rilievo	pag.	459
6.24.2.-	La vita utile reale dell'intonaco (RLC)	pag.	462
6.24.3.-	Applicazione del metodo fattoriale della ISO 15686	pag.	462
6.24.4.-	Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156	pag.	465
6.24.5.-	Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione	pag.	471
7.-	Conclusioni	pag.	474
7.1.-	Obiettivi dell'attività di ricerca svolta	pag.	474
7.2.-	Risultati conseguiti dall'utilizzo della sperimentazione sulla facciata principale dell'edificio	pag.	476
7.3.-	Risultati conseguiti dall'utilizzo della sperimentazione considerando tutte le facciate dell'edificio	pag.	478
7.4.-	Proposta di modifica al metodo fattoriale proposto dalla ISO 15686	pag.	482
7.4.1.-	Riapplicazione del metodo fattoriale (su Via Cumana 29) modificando il valore di RSLC	pag.	483
7.4.2.-	Confronto dei risultati ottenuti con la modifica	pag.	485

7.5.- Evoluzione del metodo indiretto per il calcolo della durata sulla base di dati rilevati da edifici campione	pag. 487
Bibliografia	pag. 488



## INTRODUZIONE

Il presente lavoro è stato orientato verso uno studio sulla durabilità dei componenti edilizi, ciò in considerazione della crescente importanza che essa ha assunto negli ultimi anni divenendo una fase necessaria alla valutazione della durata, nelle fasi di progettazione, per la programmazione gestionale dell'intervento, per la valutazione dei costi relativi al ciclo di vita, consentendo una ottimizzazione delle scelte progettuali dal punto di vista della sostenibilità dell'intervento.

Il percorso di ricerca seguito è partito da una valutazione dello stato dell'arte e mediante una valutazione comparativa sperimentale di metodologie normate per il calcolo della vita utile dei componenti edilizi su una serie di edifici campione, si propone di fornire ai progettisti uno strumento di ausilio per il calcolo del ciclo di vita dei componenti edilizi.

In ogni caso, saranno doverosamente considerate le indicazioni della normativa mondiale e nazionale quali – in particolare – la ISO 15686 e la UNI 11156, valutando le interrelazioni fra le indicazioni da esse fornite, i data-base disponibili, implementati negli ultimi anni dal CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) e dal Politecnico di Milano partner di ricerca fin dal 2002 nell'ambito della durabilità dei componenti edilizi, e i casi studio di edifici reali.

L'attività di ricerca svolta durante questi anni è stata orientata principalmente verso lo studio e l'analisi dei metodi rivolti alla valutazione della vita utile degli edifici e delle parti che lo compongono. In particolare è stato approfondito lo studio dei metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco esterno, così da poter condurre un confronto sperimentale, tra i risultati conseguiti con l'applicazione delle metodologie proposte dalle norme ed il comportamento effettivo in servizio.

L'applicazione dei metodi per la valutazione della durabilità ed il confronto dei risultati con quelli desunti realmente sul campo ha consentito la raccolta di dati del patrimonio edilizio Napoletano che potrebbero in futuro essere utili ad implementare concretamente i data-base sulla durabilità di componenti edilizi.

La sperimentazione è stata basata sullo studio di edifici situati nel Comune di Napoli, appartenenti a due tipologie costruttive diverse ma entrambi rifiniti con intonaco di malta e tinteggiatura:

1. edifici con struttura in muratura di tufo, costruiti tra la fine dell'800 e i primi decenni del 900,
2. edifici con struttura in conglomerato cementizio armato costruiti nel secondo dopoguerra fra gli anni 50 e gli anni 60.

Per ogni caso proposto è stata desunta dalla Sezione Anagrafe del Libretto di Manutenzione del fabbricato, la vita utile reale o Real Life Cycle (RLC) ovvero la distanza temporale tra l'ultimo intervento di rifacimento dell'intonaco esterno, fino al momento in cui si è manifestato il livello

prestazionale stato 4, al quale corrispondono fessurazioni e/o distacchi in atto che interessano zone limitate comprese tra il 10% - 30%. La RLC è stata quindi comparata sia con l' Estimated Service Life of a Component (ESLC) ottenuta utilizzando il Metodo Fattoriale proposto dalla norma ISO 15686 che con la Durata più probabile (Dpp), ottenuta utilizzando il Metodo Indiretto per il calcolo della durata sulla base di dati rilevati da edifici campione proposto dalla norma UNI 11156.

L'intento è stato quello di potersi rendere conto se ci sono differenze tra i risultati che si conseguono con l'utilizzo delle metodologie proposte dalle norme, rispetto a quanto avviene nella realtà.

L'obiettivo è che il lavoro svolto possa offrire ai progettisti che si trovano di fronte alla necessità di dover progettare e dunque prevedere la durabilità dell'intonaco esterno degli edifici, un utile strumento che possa indirizzarli verso l'utilizzo del metodo che consente di ottenere risultati più realistici magari anche mediante l'ausilio di un software realizzato proprio con l'intento di semplificare e velocizzare il processo di calcolo, e che possa dunque fornire degli elementi su cui impostare una corretta selezione dei sistemi costruttivi in relazione alla loro capacità di mantenere nel tempo livelli prestazionali superiori ai determinati standard punto di partenza per definire i programmi temporali di manutenzione.

## CAPITOLO 1

### LA VALUTAZIONE DELLA DURABILITA' DEI COMPONENTI EDILIZI

#### 1.1 LA TEMATICA DURABILISTICA

La durabilità in edilizia può essere definita come: *capacità di un edificio e delle sue parti, di svolgere le funzioni richieste per un periodo di tempo specificato sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio*<sup>1</sup>.

L'intento è quello di fornire ai progettisti degli elementi su cui impostare una corretta selezione di componenti costruttivi, in relazione alla loro capacità di mantenere nel tempo livelli prestazionali superiori a determinati standard.

L'importanza della tematica durabilistica si può maggiormente comprendere partendo da riflessioni sulla qualità.

Sulla scorta della definizione proposta da Maggi, la qualità si definisce come: *il grado di rispondenza delle prestazioni di un prodotto ai requisiti che ne hanno guidato la concezione, la progettazione, la costruzione e continuano a motivarne l'esistenza*.

Le esigenze espresse si trasformano in requisiti e questi ultimi, attraverso i diversi elementi edilizi, rispondono secondo le prestazioni, ovvero secondo comportamenti specifici che fanno riferimento ad un altrettanto specifico momento di impiego.

Quindi tra le opere edilizie destinate a svolgere la stessa funzione, sia che si tratti di interi organismi, come di parti di essi, spaziali e tecnologiche, avranno una qualità superiore quelle per le quali sarà verificata una più ampia corrispondenza fra comportamenti manifestati e comportamenti richiesti, e cioè tra prestazioni e requisiti.

Dalla definizione di prestazione, come comportamento di un prodotto in servizio e cioè in condizioni determinate dall'uso e sollecitazione, deriva che le prestazioni non sono determinate in assoluto, bensì in modo relativo. La necessità di determinare sia qualitativamente che quantitativamente le condizioni d'uso e le sollecitazioni fa capire la relatività della definizione di prestazione. Di conseguenza la qualità in edilizia è definibile come valore relativo e non assoluto.

La motivazione, gli obiettivi, il significato e il ruolo della normativa edilizia, nella sua più ampia accezione di operatore di governo dei processi produttivi in un dato contesto territoriale, possono dunque ricondursi a queste semplici considerazioni.

La normativa a cui ci si riferisce è la cosiddetta normativa esigenziale - prestazionale: essa si propone di definire e controllare la qualità edilizia stabilendo uno stretto rapporto fra le prestazioni di un bene edilizio e le esigenze dell'utenza alle quali il bene è destinato.

---

<sup>1</sup> Definizione proposta dalla UNI 11156.

La normativa prestazionale determina la qualità attraverso la definizione del comportamento, cioè di cosa si vuole dall'oggetto edilizio e non di come si vuole l'oggetto edilizio.

Lo stato dell'arte della normativa tecnica per la qualità nel settore dell'edilizia ha subito una svolta a livello internazionale con la dichiarazione d'intenti dell'organismo internazionale di formazione, risalente al 1977, che decise di impostare i dettati normativi non più in termini oggettuali, ma in una visione nuova relativa alla qualità dell'opera.

L'articolazione dei contenuti delle fasi processuali si è andata sviluppando attraverso l'attività di ricerca svolta da numerosi organismi a livello internazionale, sovranazionale e nazionale, a partire dalla seconda metà degli anni settanta.

Si è dunque addivenuti a riconoscere i diversi aspetti secondo i quali organizzare i contenuti della normativa tecnica in rapporto alle diverse fasi dei processi di intervento, così da connotare il peculiare ruolo di guida e controllo della qualità in un'ottica prestazionale.

La conoscenza della durabilità dei componenti edilizi è fondamentale per operare la loro scelta in termini compatibili con la sostenibilità del loro impiego in funzione dell'obsolescenza differenziale delle parti dell'edificio.

Il requisito di durabilità esprime l'attitudine del sistema edilizio a mantenere nel tempo, in determinate condizioni ambientali e di uso, livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione.

Queste considerazioni portano a ritenere del tutto teorica la possibilità di valutare in termini univoci e assoluti la durabilità del sistema tecnologico applicato ad uno specifico organismo edilizio.

È questa la ragione per cui negli anni, all'interno del settore delle costruzioni, si sono sviluppati alcuni nuovi ambiti di ricerca tra i quali uno sotto il nome di Durabilità. È questa una disciplina che si occupa della stima a priori della durata reale di componenti e sistemi edilizi nei vari contesti tipologici e climatici.

## **1.2 LA STRATEGIA PER L'ESTENSIONE DELLA DURATA: LA MANUTENZIONE**

La manutenzione ben si colloca nel solco della sostenibilità che a sua volta si relaziona fortemente con il tema della durata. La *sostenibilità ambientale* infatti si riferisce alla necessità di ridurre impatti ed emissioni per poter "sostenere nel tempo" la vita, imponendo quindi capacità previsionali e programmatiche nelle scelte strategiche e introducendo la responsabilità intergenerazionale.

La *manutenzione* ha l'obiettivo di "conservare" nel tempo le risorse, prolungandone la durata, e di incrementare l'utilizzabilità e l'efficienza del patrimonio esistente. "Mantenere" nel tempo è un

obiettivo che viene applicato all'ambiente costruito, ma anche un requisito (manutenibilità) acquisibile già in fase di progetto e dunque applicabile alle nuove costruzioni.

Estendere la durata dell'edificio nel suo insieme grazie alla manutenzione e alla eventuale sostituzione delle sue parti, permette di ridurre gli impatti ambientali complessivi rispetto alla necessità di compiere demolizioni e ricostruzioni integrali, causate dal degrado e dall'obsolescenza funzionale. In particolare l'estensione della durata permette di ottenere una riduzione dei consumi delle risorse (sia di materie prime che di energia legata alla fase di produzione dei materiali) e di riduzione di emissione dei rifiuti.

La manutenzione può consistere nella semplice riparazione oppure comportare anche la sostituzione delle singole parti ma sempre con il fine di prolungare nel tempo la vita dell'insieme.

Nei casi più estremi di mancanza di manutenzione e di degrado o di perdita di funzionalità di un edificio, l'obiettivo della "conservazione" dei materiali in uso (e dunque prolungamento della durata in uso dei materiali) deve comunque indirizzare a privilegiare la riqualificazione rispetto alla demolizione e ricostruzione, per riuscire a prolungare la vita utile se non dell'intero edificio, almeno delle sue parti (per esempio la struttura portante) ancora dotate di qualità prestazionali residue. Occorre infatti sottolineare il fatto che nell'edificio è incorporata l'energia usata per i processi di estrazione – produzione – trasporto - messa in opera dei materiali: la demolizione comporta la perdita di tale energia e la necessità di compiere un nuovo investimento energetico per la nuova costruzione. La conservazione dei materiali in uso consente invece di non "sprecare" l'energia incorporata nei materiali; dal momento che la quantità più consistente di energia è quella incorporata nella struttura portante, cercare di evitare di demolire questa parte è particolarmente importante. In molti strumenti di valutazione ambientale degli edifici infatti viene premiato il recupero delle strutture esistenti. In particolare il Protocollo di Itaca prevede uno specifico criterio di "riutilizzo di strutture esistenti" per favorire il riutilizzo della maggior parte dei fabbricati esistenti, disincentivare le demolizioni, e gli sventramenti di fabbricati in presenza di strutture recuperabili. Se non è possibile il recupero di parte dell'edificio, viene premiato il recupero, all'interno delle nuove costruzioni, dei materiali provenienti da demolizioni (inerti da demolizione da impiegare per sottofondi e riempimenti, legno per strutture principali e secondarie, travi e putrelle in ferro, mattoni e pietre di recupero per murature, elementi di copertura coppi e tegole, pavimenti, eventuale terreno proveniente da sterro).

In questa direzione bisogna sempre distinguere tra "durata" dell'edificio e "durate" dei componenti dell'edificio; in una prospettiva ambientale è opportuno cercare di prolungare entrambe, confrontandosi però anche con le esigenze progettuali che a volte mirano volutamente a contrarre la durata dell'edificio.

### 1.3 CICLO DI VITA DELL'EDIFICIO E CICLI DI VITA DEI COMPONENTI

Concetti quali la durata e la manutenzione si confrontano con il ciclo di vita dell'edificio.

Il ciclo di vita dell'edificio può essere più o meno esteso, in relazione agli obiettivi d'uso dello stesso.

Edifici che nascono per temporaneità hanno cicli di vita brevi e quindi non si confrontano con l'esigenza della manutenzione, ma semmai con l'esigenza di prolungare la vita utile dei componenti edilizi oltre la vita degli edifici in cui sono inseriti, qualora riutilizzabili grazie al riassettaggio.

La maggior parte degli edifici è però caratterizzata da cicli di vita lunghi, più lunghi della durata prestazionale dei componenti che li costituiscono. In tal caso l'esigenza è confrontarsi con le durate dei componenti e con la necessità di manutenzione nel caso di decadimento prestazionale.

Un materiale, componente o sistema può essere considerato durevole quando la sua performance di vita (vita di servizio utile) è uguale al tempo necessario all'ecosistema di assorbire gli impatti ambientali associati alla sua produzione e al suo smaltimento a fine vita. In maniera simile occorre ragionare anche sull'intero edificio, il suo ciclo di vita deve essere commisurato agli impatti determinati dalla produzione e dallo smaltimento dei componenti che lo compongono.

Una distinzione deve essere fatta tra ciclo di vita dell'edificio e cicli di vita dei componenti che costituiscono l'edificio. Quando si parla di "ciclo di vita" infatti si tende a ragionare solo sulla vita dell'edificio e a identificare tale locuzione col periodo di permanenza nel tempo di un organismo edilizio. In realtà bisognerebbe estendere tale concetto a tutte le attività a monte e a valle della vita utile dell'edificio, attivate dalla necessità di costruire un edificio, e che riguardano la vita dei componenti dell'edificio. L'edificio "nasce" alla fine della sua realizzazione in cantiere e "muore" al momento della sua demolizione; però la sua costruzione si basa su componenti, la cui realizzazione avviene in stabilimento e che a fine vita possono essere conferiti in discarica oppure avviati ad un processo di riciclaggio oppure riutilizzati altrove, dunque un ciclo di vita differente da quello dell'edificio. Nell'ambito della valutazione ambientale (e in particolare del Life Cycle Assessment) il ciclo di vita viene esteso alla "vita" delle risorse coinvolte, da quando vengono estratte fino a quando vengono smaltite (dalla "culla" alla "tomba"). La ricostruzione di tutte le filiere di azioni e processi (indotto) che vengono attivate dalla realizzazione e uso dell'edificio è fondamentale per comprendere le ripercussioni ambientali determinate dalle attività costruttive e dalla gestione degli edifici.



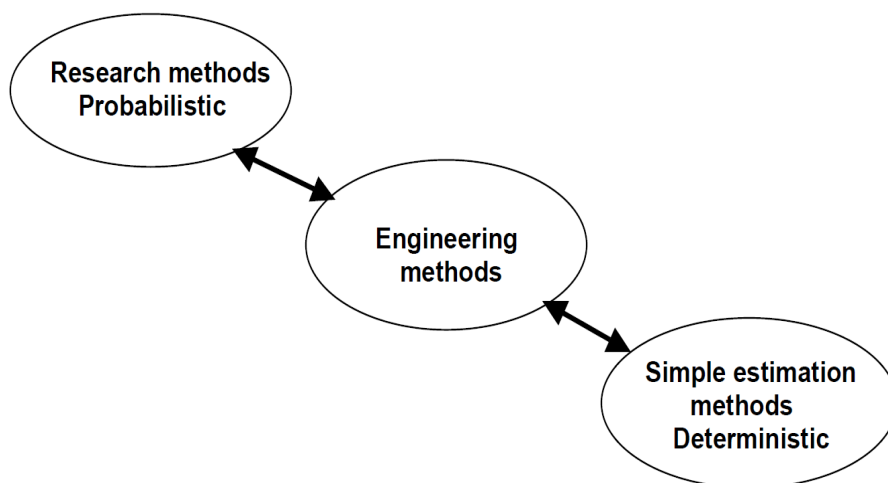
## **1.4 METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLA VITA UTILE**

I metodi di valutazione della durata degli edifici e delle parti che lo compongono, vista la loro complessità e la molteplicità dei fattori che li condizionano, sono stati realizzati e classificati tenendo in considerazione che la ricerca ha avuto negli anni una sostanziale biforcazione verso due principali approcci matematici: l'approccio deterministico e l'approccio probabilistico. I metodi deterministici hanno subito un'evoluzione che ha condotto alla creazione di una terza classe di approccio al problema che è di tipo ingegneristico.

I metodi deterministici permettono di stimare la vita utile di un elemento moltiplicando la vita utile di riferimento, relativo ad un caso specifico, per dei fattori che tengono conto di tutti gli agenti che condizionano le prestazioni e la loro durata. Tale metodo presenta notevoli assonanze con il metodo fattoriale relativo alla norma ISO 15686, nonostante non faccia alcun riferimento ad esso.

I metodi probabilistici si basano sull'analisi statistica del contesto sollecitante e del sistema ad esso esposto. Un approccio di tipo probabilistico per la determinazione della vita utile dei componenti edilizi garantisce un'affidabilità dei risultati molto più grande rispetto agli altri metodi. Un'analisi probabilistica permette di valutare l'evoluzione del sistema considerato durante la sua vita, con il risultato della definizione di una funzione prestazionale continua nel tempo. Conduce tale approccio ad un notevole ingombro dei dati in entrata e in uscita e fa della valutazione della vita utile una disciplina molto onerosa dal punto di vista delle risorse impiegate. L'approccio probabilistico mostra i suoi frutti nella messa a punto di metodi singolari, riferiti a casi o componenti specifici.

La ricerca nel campo della valutazione del ciclo di vita per i componenti dell'edilizia ha scelto una strada intermedia tra le due metodologie prima esposte, quella dei metodi ingegneristici, che consente di ricavare risultati affidabili, diversamente per quanto accade per i metodi deterministici, e nello stesso tempo permette di ereditarne la semplicità concettuale, che li rende facilmente applicabili e ampiamente adattabili. Il metodo fattoriale è il punto di partenza dell'implementazione ingegneristica, la quale si evolve nella trattazione probabilistica delle condizioni che investono la vita dei componenti.



**Figura 1-1**

## **1.5 LA QUALITÀ NEL TEMPO E IL DEGRADO IN EDILIZIA**

La verifica tra requisiti di progetto e prestazioni offerte dai componenti del sistema edilizio è un passo importante all'interno del processo edilizio per la determinazione del livello qualitativo dell'opera.

Grazie all'emanazione di provvedimenti normativi come la UNI-ISO 8402-2 sono state date le definizioni, da considerarsi nell'ambito della "teoria delle prestazioni", secondo cui la qualità del prodotto edilizio è *la misura del grado di rispondenza degli oggetti edilizi realizzati ai requisiti che ne hanno guidato la concezione, la produzione, le scelte e la posa in opera*. Ovvero la qualità si definisce come il rapporto tra domanda e offerta. Dove la domanda è definita come requisiti e l'offerta come prestazioni. Il decadimento prestazionale, ovvero l'abbassamento della qualità è detto degrado. Esso può essere:

1. fisiologico: dovuto ad agenti estrinseci;
2. patologico: dovuto ad agenti difficilmente prevedibili.

Nel caso dell'invecchiamento fisiologico è possibile prevedere quali siano i tempi di decadimento delle prestazioni di un componente edilizio. Nel caso dell'invecchiamento patologico, invece si effettua un accertamento diagnostico delle cause che hanno portato alla situazione inattesa.

La Qualità dipenderà quindi dalle prestazioni fornite dai componenti del sistema edilizio nel ciclo di vita utile e finalizzate al contenimento, entro i limiti previsti in sede di programmazione, dei Costi di gestione. Questo ci consente di definire, parallelamente alle principali voci che compongono i

costi di gestione, le *classi di requisiti* che danno luogo alle richieste di prestazione specifiche di qualità nel tempo, come:

- **requisito di durabilità:** la capacità di un edificio o delle sue parti, di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio. Da esso dipendono le quote dei costi di gestione relativi ai costi d'uso, ai costi di funzionamento ed ai costi di sostituzione di componenti o attrezzature;
- **requisito di affidabilità:** la probabilità che il sistema o l'elemento funzioni senza guastarsi ad un livello predisposto, per un certo tempo  $t$  e in predeterminate condizioni ambientali. Anche questo requisito è connesso con i costi d'uso, i costi di funzionamento ed i costi di sostituzione;
- **requisito di manutenibilità:** la possibilità di conformità a condizioni prestabilite entro un dato periodo di tempo in cui è compiuta l'azione di manutenzione. Tale requisito incide sulle voci comprese nei costi di manutenzione;
- **requisito di adattabilità alle variazioni d'uso:** la capacità dell'intero sistema tecnologico, di subire le modifiche necessarie, a soddisfare le trasformazioni nelle destinazioni d'uso degli spazi, pur mantenendo inalterate le proprie caratteristiche qualitative. Da questo requisito dipendono i costi di riassetto funzionale comprendenti i costi di adattamento o adeguamento degli impianti e delle attrezzature a eventuali nuove esigenze o richieste e i costi di riorganizzazione degli spazi e del sistema tipologico e distributivo.

Dalla conformità del progetto alle normative vigenti ed attraverso le verifiche ed i controlli previsti in fase di realizzazione (rispetto dei capitolati, collaudi in corso d'opera, ecc), "il sistema controlli" si conclude, in genere, con i collaudi finali destinati alla verifica che tutto quanto previsto nei programmi di intervento e sancito nei contratti di appalto sia stato correttamente realizzato. Il corretto funzionamento di queste operazioni garantisce gli standard qualitativi "al tempo zero", cioè assicura la qualità delle opere dopo un periodo di esercizio uguale a zero; una condizione che ovviamente esclude il comportamento dei materiali e dei comportamenti all'indomani di un effettivo ciclo di funzionamento in condizioni di regime ordinario.

Considereremo, quindi, una "Qualità iniziale" ( $Q_i$ ), intendendo con tale termine il livello qualitativo dell'edificio in un momento definito del suo ciclo di vita. Se, però, vogliamo valutare la qualità di un edificio in termini di "Qualità globale" ( $Q_g$ ) dobbiamo aggiungere, alla qualità iniziale, i valori della "Qualità nel tempo" ( $Q_t$ ) intesa come capacità del sistema di mantenere inalterati nel tempo, e nelle prevedibili condizioni di esercizio, i livelli prestazionali richiesti. Allora, risulterà:

$$Q_g = Q_i + Q_t$$

Si potrà paragonare tale equazione con quella del Costo globale ( $C_g$ ) = costo di costruzione ( $C_c$ ) + costo di gestione ( $C_g$ ), grazie al fattore comune rappresentato dal ciclo di vita dell'edificio.

Se adottiamo un sistema di controllo e di misura della qualità basato su un diagramma che definisce i valori accettabili del rapporto costi-benefici possiamo mettere in relazione  $Q_i$  con  $C_c$ , e  $Q_t$  con  $C_g$ . Nel primo caso la variabile temporale assume un ruolo secondario a vantaggio dei fattori della qualità ambientale e tecnologica che entrano in relazione diretta col costo dei materiali e delle tecnologie. Nel caso invece della qualità nel tempo è l'orizzonte temporale del manufatto e delle sue parti (materiali e componenti) ad influenzare in maniera determinante gli standard qualitativi che si misurano in termini di contenimento e ottimizzazione delle varie voci comprese nei costi di gestione, e si esprimono con le richieste di prestazione relative ai requisiti di durabilità, affidabilità, manutenibilità e flessibilità funzionale sopra menzionati.

Il ciclo di vita globale di un edificio risulterà un fattore soggetto all'influenza di diverse variabili. Esso può essere interpretato in vari modi e non coincide con la vita fisica delle singole parti che lo compongono, ne tantomeno la sua fine coincide con il collasso del sistema o col crollo delle strutture.

Il progressivo invecchiamento dell'edificio dipende dall'interazione dei fenomeni di obsolescenza e di degrado naturale che interessano i materiali ed i componenti, dal manifestarsi di nuove esigenze dell'utenza o dalle variabili dovute agli eventi accidentali o patologici che possono compromettere l'affidabilità di una parte o di tutto il sistema. La vita di un edificio può essere, dunque, intesa come "vita fisica" o "vita funzionale" o "vita economica".

In un'ottica di pianificazione tecnico-economica di un intervento, dobbiamo definire un "ciclo di vita utile" dell'edificio tenendo conto degli orizzonti temporali sui quali si basano la proiezione o la programmazione dell'investimento economico.

La "vita utile" (*service life*) è quel periodo di tempo dopo l'installazione durante il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione. Possiamo quindi valutare quella componente della Qualità globale che abbiamo chiamato Qualità nel tempo ( $Q_t$ ) in relazione alla capacità del sistema di mantenere, nel ciclo di vita utile ( $C_{vu}$ ) del prodotto, i livelli prestazionali richiesti in fase di progettazione e verificati in fase di realizzazione: cioè il mantenimento, in un arco di tempo programmato, della Qualità iniziale senza che ciò comporti un incremento del Costo globale di intervento.

Il costo globale o costo del ciclo di vita può essere allora definito come somma di tutti i costi diretti o indiretti relativi all'opera stessa per la sua durata di vita. Questo costo globale può essere suddiviso in quattro categorie:

➤ *i costi di promozione*, che comprendono i costi di studio e i costi progettazione, oltre alle varie spese promozionali;

- *i costi di produzione*, che comprendono i costi dell'area e della sua attrezzatura (costi di insediamento), il costo dei capitali investiti ed il costo tecnico di produzione (costo di produzione + profitto d'impresa);
- *i costi di gestione*, che comprendono il costo di esercizio e il costo di gestione (ovvero della manutenzione);
- *i costi di riqualificazione*, che comprendono i costi di demolizione e ricostruzione.

A queste categorie di costo andrebbero aggiunti anche i *costi sociali* che possono essere particolarmente rilevanti, nella fase di gestione dell'opera edilizia, a seguito dell'insorgere di disfunzioni o di diffusi fenomeni di degradamento e obsolescenza che ne limitino le possibilità d'uso. Tuttavia questi costi, essendo assai variabili, discontinui nel tempo e, soprattutto, dipendenti dallo svolgimento o dal mancato svolgimento di altre azioni, sono difficilmente prevedibili e quantificabili.

## 1.6 LA PATOLOGIA EDILIZIA

La "Patologia Edilizia" è, in generale, la disciplina che studia *"i fattori processuali, umani, ambientali, tecnici, tecnologici, fisici, clinici (fattori di disturbo), i meccanismi interattivi che portano in tempi anormalmente ravvicinati ad alterazioni di tipo fisico o di tipo prestazionale di un elemento tecnico del sistema edilizio (...) Si ha patologia laddove i decadimenti (fisici o prestazionali) si sviluppano in termini temporali e qualitativi inattesi e contrastanti con il concetto convenzionale di invecchiamento naturale, istituito dal livello di sviluppo tecnologico del momento progettuale o costruttivo"*.

La patologia edilizia è una disciplina relativamente recente che si è sviluppata a partire dagli anni '70, come conseguenza della notevole diffusione di guasti derivanti da errori di progettazione e quindi da una anticipazione imprevista del raggiungimento dello stato di guasto, non congruente con le logiche di invecchiamento naturale convenzionalmente accettate.

Essa dunque come la durabilità è una disciplina che affronta il tema dei processi interattivi di invecchiamento di sistemi e sottosistemi edilizi; mentre la durabilità si occupa del caso in cui tali processi siano intrinseci ad una determinata soluzione, la patologia affronta il caso in cui essi siano dipendenti da errori, quindi da fattori di disturbo e conseguenti stati morbosi.

La patologia edilizia è spesso intesa erroneamente come sinonimo di degrado, guasto, alterazione. Ma come si è già detto in precedenza essa studia i fattori di disturbo e i meccanismi che, in maniera più o meno complessa e interattiva, portano in tempi ravvicinati a degradi connessi ad alterazioni di

tipo fisico che possano scardinare le logiche di invecchiamento naturale, convenzionalmente accettate per una determinata tipologia costruttiva su cui è articolato un elemento tecnico. Quindi come è facilmente deducibile, il campo di azione della patologia edilizia è peraltro più vasto in rapporto alla complessità che caratterizza il settore edilizio nella sua realtà tecnologica e processuale.

Nel campo delle patologie edilizie esiste una terminologia normata a livello internazionale, tale da evitare equivoci e fraintendimenti nell'uso dei termini che usualmente vengono adoperati. Di seguito le principali definizioni messe a punto dalla Commissione CIB W86 "Building Pathology":

- **Agente:** entità che provoca un determinato effetto mediante la propria azione (figura 1-2);
- **Anomalia:** manifestazione inattesa percepibile visivamente o strumentalmente, più o meno evidente; può avere rilevanza sintomatica (esantema) o meno per l'individuazione del difetto; può essere lo stesso difetto e lo stesso guasto. L'indagine diagnostica ha il compito di stabilirne la rilevanza rispetto al degrado riscontrato;
- **Degrado:** progressivo deterioramento, più o meno grave ed evidente, dell'integrità fisica (alterazione) ovvero dell'efficienza prestazionale (decadimento prestazionale);
- **Difetto:** inadeguatezza di uno o più elementi costituenti un sistema edilizio; esso costituisce un fattore di disturbo capace di generare un guasto o un degrado: può dipendere da errori genetici, di costruzione, di uso, di manutenzione. Il difetto per poter provocare un degrado o un guasto richiede l'intervento di un agente scatenante (o di attivazione);
- **Guasto:** deterioramento che rende inutilizzabile o non più rispondente alla sua funzione un elemento tecnico o una sua parte. Anche il guasto può derivare da una condizione patologica o da fatti connessi al normale invecchiamento: la discriminante tra le due condizioni è la temporizzazione dell'evento;
- **Sintomo:** interpretazione di un'anomalia o di un segno come segnale o manifestazione di uno stato morboso o di un difetto.

NATURA	ORIGINE			
	Esterna all'edificio		Interna all'edificio	
	Atmosfera	Terreno	Imposti dall'uso	Conseguenza della progettazione
<b>1 Agenti meccanici</b>				
1.1 peso	carichi di neve, di acqua, di pioggia	spinta del terreno, spinte idrostatiche	carichi di esercizio	carichi permanenti
1.2 forze e deformazioni imposte	pressione del ghiaccio, dilatazioni termiche e igroscopiche	cedimenti, scivolamenti	sforzi di manovra, punzonamento	ritiro, fluage, forze e deformazioni imposte
1.3 energia cinetica	vento, grandine, choc esterni	--	impatto, strofinamento	colpi d'ariete
1.4 vibrazioni e rumori	rumori del vento, del fulmine, di aerei, di esplosioni, di traffico, di macchinari	terremoti, vibrazioni dovute al traffico, ai macchinari	rumori e vibrazioni dovuti a musica, a danza, ad apparecchi domestici	rumori e vibrazioni dell'edificio o dei suoi impianti
<b>2 Agenti elettromagnetici</b>				
2.1 irraggiamento	irraggiamento solare, irraggiamento radioattività	--	lampade, irraggiamento radioattività	superfici radianti
2.2 elettricità	fulmine	correnti vaganti	--	elettrostaticità, distribuzione elettrica
2.3 magnetismo	--	--	campi magnetici	campi magnetici
<b>3 Agenti termici</b>	calore, gelo termochoc	calore del terreno, gelo	calore emesso, sigarette	riscaldamento, fuoco
<b>4 Agenti chimici</b>				
4.1 acqua e solventi	umidità dell'aria, condensazioni, precipitazioni	acqua di superficie, acqua sotterranea	proiezioni d'acqua, condensazioni, detersivi, alcool	acque di distribuzione, acque di scarico, infiltrazioni
4.2 ossidanti	ossigeno, ozono, ossido d'azoto	potenziali elettrochimici positivi	disinfettanti, candeggianti	potenziali elettrochimici positivi
4.3 riduttori	--	solfuri	agenti di combustione, ammoni	agenti di combustione, potenziali elettrochimici positivi
4.4 acidi	acido carbonico, acido solforico	acido carbonico, acidi dell'humus	aceto, acido citrico, acido carbonico	acido solforico, acido carbonico
4.5 basi	--	calce	soda caustica, potassa, idrati di ammoniaca	soda caustica, cementi
4.6 sali	nebbie saline	nitrati, fosfati, cloruri, solfati	cloruro di sodio	cloruro di calcio, solfati, gesso
4.7 sostanze chimicamente neutre	polveri neutre	calcare, silice	grassi, oli, inchiostri, polveri neutre	grassi, oli, polvere neutre
<b>5 Agenti biologici</b>				
5.1 vegetali e microorganismi	batteri, semi	batteri, muffe funghi, radici	batteri, piante domestiche	--
5.2 animali	insetti, uccelli	roditori	animali domestici	--

**Figura 1-2**

Il percorso logico che collega le su elencate definizioni è evidenziato nel flow-chart di cui alla figura 1-3

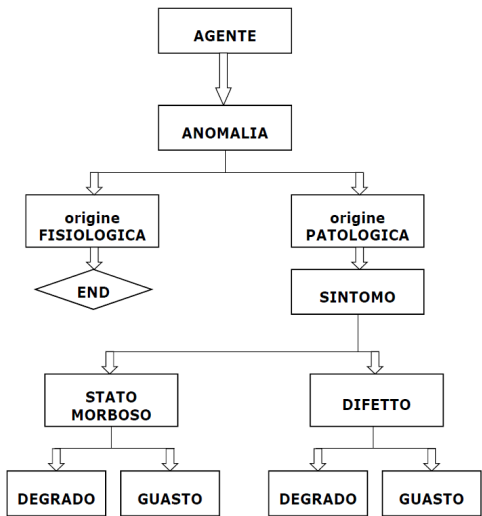


Figura 1-3

### 1.7 I CRITERI DI SCOMPOSIZIONE DELL’EDIFICIO

Le parti che compongono l’organismo edilizio hanno obsolescenze differenziate, tempi e modalità di invecchiamento distinto, patologie caratteristiche specifiche e dissimili, criteri di intervento in generale ben distinguibili. Si suppone, perciò, di poter definire singolarmente il ciclo di vita di tutti gli elementi, sub-sistemi e sistemi dell’organismo edilizio, che deve dunque essere preventivamente scomposto in parti più o meno complesse.

Una possibilità di scomposizione codificata viene offerta dalla norma UNI 8290-1:1981, che da in appendice uno “Schema di classificazione del sistema tecnologico” che, partendo dalle definizioni della UNI 10838, distingue “Classi di Unità Tecnologiche”, “Unità Tecnologiche” e “Classi di Elementi Tecnici” fino alla possibilità di discriminare “Elementi Tecnici”.

CLASSI DI UNITA' TECNOLOGICHE	UNITA' TECNOLOGICHE	CLASSI DI ELEMENTI TECNICI	ELEMENTI TECNICI
Chiusura	Chiusura verticale	Pareti perimetrali verticali	Intonaco



E' opportuno che per ciascun edificio venga presa in considerazione una scomposizione che tenga in conto otto parametri di omogeneità secondo cui effettuare gli accorpamenti di elementi costruttivi:

- dimensioni: le unità fisico-tecniche di misurazione quantitativa;
- tecnica costruttiva: la natura costruttiva dei materiali componenti;
- affidabilità: valori della vita media significativamente simili;
- connessione tecnologica: necessità di intervenire su un elemento quando si interviene su altri;
- connessione operativa: l'opportunità di intervenire su un elemento quando si interviene su altri, per usufruire degli stessi mezzi d'opera a parità di costo, oppure limitare disagi all'utenza;
- obblighi ad intervenire con cadenze o periodi prefissati: particolari esigenze dettate ad esempio dalla tipologia d'uso;
- pertinenza: la natura del titolo di possesso;
- modalità attuative della fase gestionale: natura dei soggetti preposti.

## CAPITOLO 2

### IL COMPONENTE EDILIZIO INTONACO

#### 2.1 L'INTONACO

Le facciate dell'edilizia diffusa sono realizzate con i classici intonaci, laterizi, rivestimenti lapidei e calcestruzzo faccia a vista.

Con il termine intonaco si indica un rivestimento murale, con funzione di protezione e di finitura superficiale, costituito da uno o più strati di malta in vari dosaggi a seconda del grado di durezza che si intende ottenere e con funzioni varie, i cui componenti vengono scelti in relazione al tipo e condizioni del supporto, alle prestazioni occorrenti in base alle funzioni dei vari locali ed al tipo di tecnica esecutiva.

Quindi nell'accezione corrente col termine intonaco si vuole proprio indicare quel sottile strato di malta che funge da rivestimento delle strutture edilizie e che, se correttamente eseguito, assolve a una duplice funzione:

- Protegge le strutture (funzione protettiva) dall'azione disgregante degli agenti atmosferici, e in maniera accentuata, da quella dei fattori ambientali del microclima interno, primo fra tutti la condensa superficiale;
- Realizza una finitura delle strutture (funzione decorativa), sia esterne che interne, di gradevole aspetto, igienicamente corretta, che assicura una superficie sufficientemente regolare, complanare e priva di sporgenze;

Una superficie con queste prestazioni crea le condizioni ideali per ricevere a sua volta eventuali ulteriori sistemi di finitura, che conferiscano più accentuate caratteristiche estetiche e prestazionali (tinteggiature, verniciature, pitture, rivestimenti, decorazioni, tappezzerie, tesserine o mosaici di ceramica o quarzite ecc.).

Caratteristica peculiare di tale superficie è quella di dover essere rinnovata periodicamente proprio perché soggetta a molteplici fattori degradanti.

Di norma le miscele vengono applicate in tre strati differenti per composizione chimica e caratteristiche fisiche. A seconda delle funzioni svolte si distinguono in:

1. Strato di ancoraggio – *rinza*ffo – primo strato immediatamente aderente al supporto (applicato direttamente sulla muratura) ed è quello più ricco di legante: serve a regolarizzare la superficie e fornisce l'aderenza agli strati successivi.

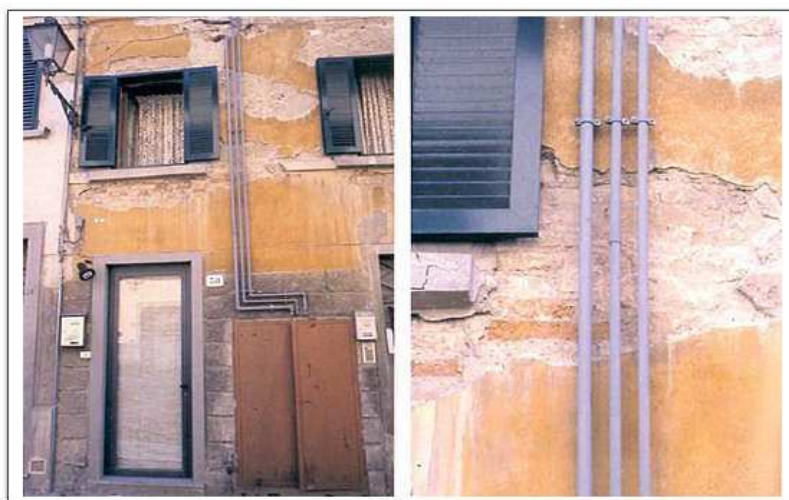
E' uno strato a spessore, composto con aggregati grossolani, non lisciato a frattazzo ma lasciato ruvido per favorire l'ancoraggio del livello successivo.

2. Strato di livellamento – *arriccio* – conferisce la tenuta all’acqua e all’aria ed è sufficientemente elastico per non fessurarsi in presenza di movimenti dello strato precedente. Costituisce il corpo dell’intonaco, regolarizzato ma non rifinito, la superficie piana è pronta a ricevere lo strato di finitura.
3. Strato di finitura –*intonachino o velo* (la sua applicazione è in genere definita *stabilitura*) – strato destinato a rifinire la superficie, ha funzioni estetiche e protettive.

## 2.2 DURATA DEL RIVESTIMENTO

Il rivestimento a intonaco, se applicato su pareti esterne protette con sporti, normalmente fornisce condizioni accettabili per 20 – 25 anni. Tuttavia una volta innescato un qualunque processo di degrado (infiltrazioni di umidità, decoesione dal supporto interno, reazioni chimiche anomale ecc.), progredisce in maniera estremamente rapida, portando estese porzioni di intonaco alla completa inefficienza prestazionale (vedere Fig.2-1 sui distacchi di intonaco dalla muratura).

Invece se il rivestimento a intonaco viene applicato in ambienti interni asciutti e ben areati ed eseguito a regola d’arte, su supporti stabili e sani, ha una durata che può eguagliare l’arco di vita di un edificio.



**Fig. 2-1**

## 2.3 CARATTERISTICHE DELLA MALTA

La malta per intonaco è costituita normalmente da uno o più *leganti* (cemento, calce idraulica, calce aerea, gesso), da un *inerte* (sabbia) e da *acqua* in proporzioni appropriate al tipo di intonaco e ai suoi diversi strati. Esistono poi “inerti” come per esempio i materiali a comportamento pozzolanico, che offrono in realtà un contributo attivo, conferendo alla malta particolari qualità di idraulicità o resistenza.

Generalmente il legante e l’inerte vengono mescolati preventivamente a secco aggiungendo poi l’acqua gradualmente ed in quantità strettamente necessaria (per limitare il ritiro idraulico), fino al raggiungimento della consistenza d’impasto desiderata.

Possono essere aggiunte all’impasto anche sostanze additanti che conferiscono al prodotto particolari qualità o ne modificano alcune proprietà della malta: si realizzano così malte fortemente indurenti, ignifughe, impermeabilizzanti, non gelive, con alto potere termoisolante e fonoassorbente, alleggerite, con presa e indurimento accelerati o ritardanti, con maggior lavorabilità, con minor ritiro ecc.

Esiste in commercio una serie assai nutrita di malte secche preconfezionate per intonaco ( i cosiddetti “premiscelati” o “intonaci pronti”) che garantiscono composizioni ottimali e omogenee della miscela per ogni uso specifico. Per accelerare ulteriormente i tempi di posa, questi prodotti sono associati ad un’applicazione meccanica. Ci si avvale in questo caso di intonacatrici pneumatiche per la posa del primo o eventualmente dei primi due strati, e talvolta di frattazzatrici elettriche per la lisciatura finale.

Nel lavoro svolto si farà prevalentemente riferimento ad intonaco esterno di malta aerea comune, ma a titolo esaustivo ritengo opportuno evidenziare anche tutte le altre tipologie di legante utilizzati per realizzare l’intonaco.

### 2.3.1 Intonaco a base di calce aerea comune.

L’intonaco a base di calce aerea è un intonaco di tipo ordinario, costituito in più strati realizzati con malta comune (anche chiamata malta di calcina o malta di calce spenta), composta da calce aerea spenta, acqua e sabbia, in proporzioni diverse a seconda che si prepari una malta di sottofondo o una da finitura. In passato questo tipo di malta era usato abitualmente, perché la calce spenta era l’unico legante conosciuto. Ad essa, potevano essere aggiunte terre colorate o polvere di marmo bianca per conferire alle superfici trattate la colorazione desiderata.

Oggigiorno negli intonaci esterni si usa raramente una miscela a base di sola calce aerea, almeno nei primi strati, preferendo aggiungere moderate quantità di leganti idraulici, di pozzolana o di additivi. Si sta comunque assistendo ad una diffusa riscoperta della calce come legante naturale, capace di contribuire al controllo della qualità ambientale interna ed esterna.

Particolarmente interessanti sono i premiscelati a base di calce aerea, con l'aggiunta di particolari additivi per un'applicazione più facile ed un utilizzo più sicuro anche in ambiente esterno.

L'intonaco a base di calce aerea raggiunge buoni livelli prestazionali se realizzato a regola d'arte e con manodopera qualificata, rispettando i ritmi esecutivi appropriati, in assenza di umidità persistente nella muratura e con la presenza di sporti. Infatti anche se poco impermeabile all'acqua, l'intonaco a base di calce aerea la restituisce repentinamente all'esterno, per cui reagisce bene ai cicli di gelo-disgelo. Come materiale ha una buona stabilità all'acqua; offre invece una scarsa resistenza alle sollecitazioni meccaniche ed è sottoposto, come del resto tutti gli intonaci, al pericolo della gelività in caso di saturazione dell'acqua. Inoltre ha tempi di indurimento relativamente lunghi.

Una composizione molto diffusa per la finitura delle pareti esterne è quella di calce spenta, sabbia e terre colorate.

La presenza di sporti risulta importante in quanto proteggono l'intonaco dalle infiltrazioni dell'acqua piovana e dal dilavamento.

Data la scarsa resistenza alle sollecitazioni meccaniche, nelle fasce basamentali si potranno prevedere soluzioni alternative (rivestimenti lapidei, intonaci rinforzati, materiali cementizi ecc.).

### **2.3.2 Intonaco a base di calce idraulica**

L'intonaco a base di calce idraulica è un intonaco di tipo ordinario realizzato con una malta composta da calce idraulica, inerti e acqua. Il suo uso si è andato diffondendo sia per la maggior rapidità d'impiego e di presa rispetto alle calce aeree, che ne consente l'uso anche in locali dove vi è una presenza costante di umidità o di acqua, sia per le sue peculiari caratteristiche di resistenza.

### **2.3.3 Intonaco a base di cemento**

L'intonaco a base di cemento è composto da una miscela di polvere di cemento, normalmente Portland, preferibilmente bianco, con sabbia e acqua. In bioedilizia, l'impiego delle malte cementizie per intonaci è sconsigliato, perché creano una barriera poco traspirante. L'eccezione

ammessa riguarda riparazioni e consolidamenti delle strutture in cemento armato o in specifici casi di risanamento.

#### **2.3.4 Intonaco a base di gesso**

L'intonaco a base di gesso è realizzato con una malta composta da gesso, naturale o artificiale, e acqua, con o senza l'aggiunta di sabbia. Il suo impiego è largamente diffuso per eseguire l'ultimo strato dell'intonaco in sostituzione dell'intonachino, per l'intonacatura degli ambienti interni. A seconda della qualità di gesso, della composizione della malta e del metodo di applicazione, si possono realizzare prodotti finiti di consistenza variabile.

#### **2.3.5 Intonaco a base di malta bastarda**

Questo tipo di intonaci è caratterizzato dall'impiego di malte bastarde che contengono nella miscela di partenza due o più tipi di leganti. Le malte bastarde consentono di realizzare intonaci a due strati o tre strati con diverse miscele. Negli intonaci a base di malte bastarde il legante con la maggiore quantità è quello che viene indicato per primo nel nome della miscela. Una malta calce/cemento, ha una maggiore quantità di calce, nel suo impasto rispetto al cemento.

### **2.4 LA COMPATIBILITA' TRA L'INTONACO E IL SUPPORTO**

I parametri da tenere in considerazione nella valutazione della compatibilità tra l'intonaco ed il supporto sono:

- 1) Il comportamento elastico;
- 2) Il coefficiente di dilatazione;
- 3) La resistenza meccanica;
- 4) La porosità;

Queste caratteristiche dovranno essere simili per l'intonaco ed il supporto. In determinate situazioni andranno perciò preferiti intonaci meno resistenti o con prestazioni in generale meno elevate, ma con un maggior grado di compatibilità con la superficie da intonacare.

Si riporta un esempio relativo a problemi di compatibilità. Riguarda l'intonaco a base di cemento Portland che mal si adatta ad essere applicato agli edifici antichi essendo questi caratterizzati da materiali con elevata porosità, bassa resistenza e coefficienti di dilatazione più contenuti. Il cemento Portland presenta, infatti, una forte resistenza meccanica, un coefficiente di dilatazione termica

elevato e una bassa porosità, fatto, questo, che causa il ristagno dell'umidità della parete fra il supporto e l'intonaco impedendone l'evaporazione. Ne conseguono distacchi, dovuti alle pressioni esercitate dal vapor acqueo. Nell'ambito applicativo degli edifici storici è quindi preferibile utilizzare materiali tradizionali come le calci.

Application of Numerical Analysis to Study the Adherence of Renders on Walls<sup>1</sup>, espone l'importanza dell'aderenza tra l'intonaco e il supporto. Infatti gli intonaci devono garantire un' adeguata aderenza al substrato per tutta la loro vita utile poiché la perdita di adesione porta a distacchi che possono essere, mediante l'azione di vari e agenti di degradazione, origine di situazioni pericolose per gli utenti e passanti. Diversi fattori influenzano l'aderenza come la natura del substrato (rugosità superficiale, contenuto di umidità iniziale e aspirazione capillare) e il tipo di materiale di rivestimento (composizione di materiali, spessori, l'età, e condizioni meteo durante l'applicazione). Analisi agli elementi finiti in cui è stata modellata un'interfaccia tra la parete e il rendering può svolgere un ruolo importante nello studio del meccanismo di aderenza. Il comportamento costitutivo del modello di interfaccia simula il meccanismo della perdita di adesione. Questo articolo presenta l'analisi numerica utilizzata su una tesi di laurea per studiare l'interfaccia tra il rendering e il suo substrato, utilizzando il software commerciale ANSYS, utilizzato in analisi numerica in diversi settori dell'ingegneria (Civile, meccanica, aerospaziale), in modo tale che l'analisi numerica viene confrontata con i risultati sperimentali.

La forza di adesione è una delle proprietà rese obbligatorie, in modo che lavori di costruzione in cui sono applicati possono soddisfare i requisiti di sicurezza in uso e durata, stabilito nella Direttiva Prodotti da Costruzione (Direttiva del Consiglio 89/106/CEE). La norma europea EN 998-1 [CEN, 2003] elenca i requisiti e le proprietà di malta indurita, compresa la sua adesione al substrato. Secondo questa norma, il valore della forza di adesione delle malte può essere determinato con il pull-off test descritti nella EN 1015-1012 [CEN, 2000].

Il pull-off test (Fig. 2-2) è il metodo più utilizzato per misurare la capacità di adesione di una malta al substrato. La prova consistente in una estrazione semi-distruttiva, atta a stimare la resistenza a trazione dei materiali di ripristino collegati al sottofondo, come rivestimenti murari (intonaco, massetti od altro). La prova viene preparata incollando direttamente sulla superficie del materiale da indagare, in una zona appositamente predisposta, con opportune resine, un piatto circolare metallico Ø 50 mm.

Prima della prova viene eseguito un taglio lungo il bordo del piastrino metallico in modo da svincolare la zona in prova da quelle circostanti. Il taglio deve avere una profondità almeno pari allo spessore del rivestimento. Ad avvenuta maturazione della resina si procede applicando al disco una

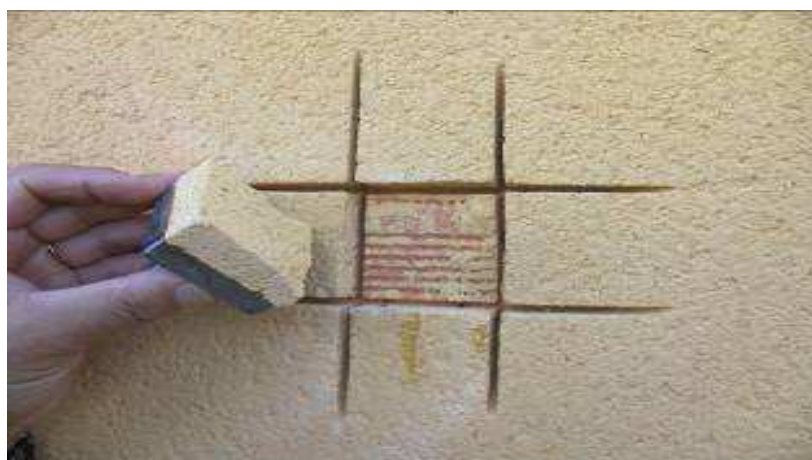
---

<sup>1</sup> Studio di S. Gaspar et al.

pressione di distacco in direzione normale alla parete con opportuno martinetto dotato di manometro tarato, il quale esercita la forza contrastando su una struttura di sostegno.



**Fig. 2-2 Pull - off test**



**Fig. 2-3 Rottura coesiva del render**



**Fig. 2-4 Rottura adesiva dell'interfaccia**



I risultati del modello pull-off hanno dimostrato che l'analisi numerica può integrare risultati sperimentali in termini di spostamenti del rendering prima della sua frattura (queste informazioni possono essere utilizzate in ulteriori ricerche per comprendere la correlazione tra il meccanismo di aderenza a pareti in servizio ed i risultati che si ottengono con la tecnica di pull-off ). Questo documento contribuisce ad una migliore comprensione dei fattori che influenzano l'adesione di intonaci e anche i risultati di pull-off test (tecnica comunemente utilizzata per valutare in situ l'adesione dei rivestimenti).

## 2.5 IL DEGRADO DELL'INTONACO

Seguendo la definizione terminologica messa a punto dalla Commissione CIB W86 ("Building Pathology")<sup>2</sup>, il *degrado* è il progressivo deterioramento, più o meno grave ed evidente, dell'integrità fisica (alterazione) ovvero della efficienza prestazionale (decadimento prestazionale). Ogni oggetto è soggetto a degrado: il degrado può essere patologico o meno. Il degrado patologico si ha laddove i decadimenti (fisici o prestazionali) si sviluppano in termini temporali o qualitativi inattesi e contrastanti con il concetto convenzionale di invecchiamento naturale.

Il *decadimento delle prestazioni* infatti è dovuto a diversi fattori che possono essere così classificati:

- fattori di natura intrinseca, ovvero l'obsolescenza naturale che riguarda i materiali costitutivi, e che costituisce processo ineluttabile ("obsolescenza fisiologica")<sup>3</sup>;
- fattori di natura estrinseca, ovvero quelli dovuti ad agenti naturali legati al territorio (sismi, frane, ecc.) o all'ambiente in senso lato (atmosferici), a errori esecutivi o progettuali, o anche al normale uso ("fatiscenza progressiva")<sup>4</sup>;
- fattori di natura tecnologica, per cui l'obsolescenza può derivare dal sopravvenire di nuove normative ovvero di nuovi prodotti sul mercato, ovvero – ancora – semplicemente dal manifestarsi di diverse esigenze da parte dell'utenza, che si traducono nella necessità di interventi ("insufficienza tecnologica")<sup>5</sup>.

L'assieme dei tre gruppi di fattori su descritti è all'origine delle patologie edilizie, il cui studio in fase di diagnosi, dopo ogni dovuto accertamento in sede di rilievo, consente di progettare interventi che oltre a rimuovere gli effetti indesiderati, ne eliminino le cause individuate.

---

<sup>2</sup> CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) è l'organismo internazionale che supporta l'ISO nello studio preliminare e nell'emanazione delle norme tecniche.

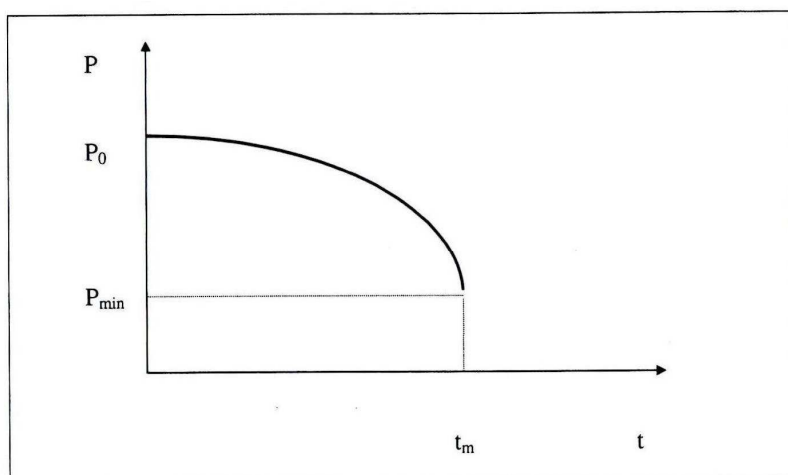
<sup>3</sup> Marcello Picone, "Tecnologia della produzione edilizia", UTET, Torino 1984

<sup>4</sup> Marcello Picone, "Tecnologia della produzione edilizia", UTET, Torino 1984

<sup>5</sup> Marcello Picone, "Tecnologia della produzione edilizia", UTET, Torino 1984

Lo studio delle “Patologie Edilizie” infatti si occupa di individuare ed analizzare “i fattori processuali, umani, ambientali, tecnici tecnologici, fisici, clinici (fattori di disturbo), i meccanismi interattivi che portano in tempi anormalmente ravvicinati ad alterazioni di tipo fisico o prestazionale di un elemento tecnico del sistema edilizio. Si ha patologia laddove i decadimenti (fisici o prestazionali) si sviluppano in termini temporali e qualitativi inattesi e contrastanti con il concetto convenzionale di invecchiamento naturale, istituito dal livello di sviluppo tecnologico del momento progettuale o costruttivo”<sup>6</sup>.

In edilizia diversamente rispetto agli altri settori, gli elementi costruttivi non sono del tipo bistabile “on/off”, caratterizzati da due condizioni: il funzionamento vero e proprio, inteso come capacità di espletare la funzione alla quale è demandato ed il non funzionamento (guasto), ovvero la condizione per la quale il componente non ottempera la funzione richiesta, ma gli elementi sono prevalentemente del tipo non bistabile (come l’intonaco appunto), caratterizzati da un graduale passaggio dallo stato di funzionamento a quello di non funzionamento mediante stati intermedi che sono espressione di prestazioni inferiori al livello iniziale ma comunque superiori a quello minimo prefissato.



**Fig. 2-5 Andamento generico delle prestazioni di un elemento edilizio nel tempo fino al valore  $P_{min}$ : al tempo  $t_m$  si dovrà procedere all'intervento manutentivo**

All'interno delle due condizioni estreme si presentano dunque una vasta gamma di stati ai quali spesso corrisponde la possibilità di esercitare attività manutentive di diversa natura ed intensità.

<sup>6</sup> Definizione della commissione W86 del CIB.

La non bistabilità degli elementi richiede dunque necessario definire i livelli prestazionali intermedi tra quello iniziale e quello minimo prefissato a cui sono associati intensità progressive di degrado che a loro volta daranno luogo a diverse tipologie di intervento.

<b>DEGRADO</b>	<b>PRESTAZIONI</b>	<b>TIPOLOGIA DI INTERVENTI</b>
Stato 1	Livello 1	Monitoraggio/Ispezione
Stato 2	Livello 2	Pulizia/Operaz. superficiale
Stato 3	Livello 3	Riparazione/Ripristino
Stato 4	Livello 4	Sostituzione parziale/Integraz.
Stato 5	Livello 5	Sostituzione totale

**Tab. 2-1 Degrado – Prestazioni – Tipologia di interventi**

Dunque le prestazioni di un componente hanno un andamento decrescente nel tempo<sup>7</sup> ed è questo il motivo che spinge a condurre interventi che hanno dal livello 1 al livello 5 una maggiore rilevanza e intensità.

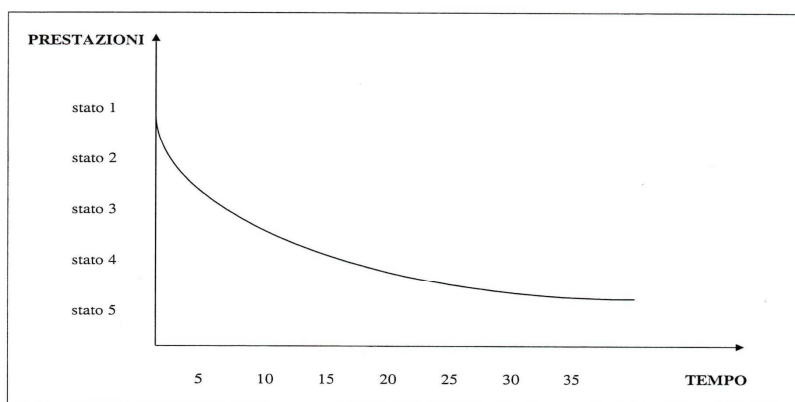
In generale, si può dire che in edilizia esistono cinque classi o categorie di interventi, fra le quali è opportuno preliminarmente individuare quella/e che si ritiene di inserire all'interno del piano di manutenzione in attuazione dello stesso, in riferimento a ciascun componente.

Le cinque classi (o categorie) di intervento manutentivo sono, in ordine crescente di intensità:

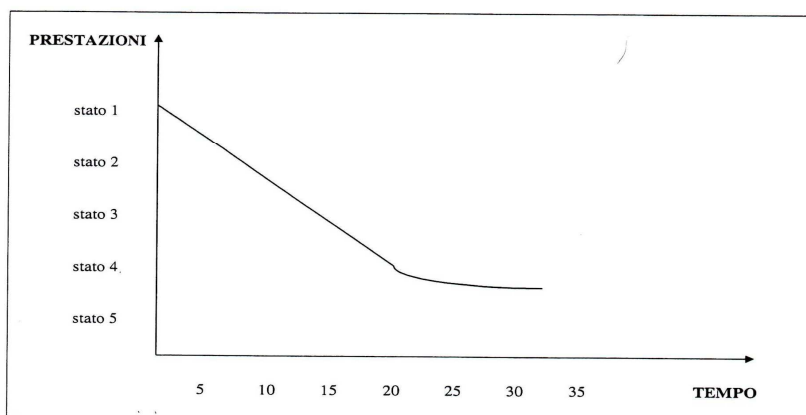
1. Ispezione/monitoraggio: intervento finalizzato sia al controllo della congruenza fra previsioni di piano e effettivo comportamento in servizio, sia alla strategia di manutenzione secondo condizione: in entrambi i casi è mirato alla individuazione di anomalie che preludono ad imminenti compromissioni di sicurezza, igiene, agibilità in generale.
2. Pulizia/intervento superficiale: intervento di tipo epidermico, o perché apportato su parti per loro natura di finitura, o perché riguardante gli strati più superficiali di parti che tali non sono. Sono interventi non invasivi, a bassissimo o nullo coinvolgimento tecnologico di altre parti.
3. Riparazione: intervento mirato alla eliminazione delle anomalie nel rispetto del ripristino delle condizioni iniziali, pur quando le prestazioni conseguite non risultano ad esse rispondenti (ma comunque superiori al livello minimo prefissato), da eseguire nell'ottica di prolungare la vita media della parte fino all'intervento di sostituzione totale.

<sup>7</sup> Vedere Tab. 5-3 per avere indicazioni sui livelli prestazionali dell'intonaco esterno.

4. Sostituzione parziale/integrazione: intervento nel quale una parte dell'elemento, del sottosistema o del sistema, viene rimossa in quanto non sono più sufficienti o possibili interventi superficiali o di riparazione, ovvero nel quale la rimozione dell'anomalia e/o del difetto risulta inefficace in assenza dell'aggiunta di nuove parti o comunque della modifica complessiva del sottosistema o del sistema.
5. Sostituzione totale: coincide con la "morte" dell'elemento e dunque ne identifica il ciclo della vita: la sua totale sostituzione dà il via ad una nuova programmazione, che ne dovrà considerare nuovamente la vita media.



**Fig. 2-5 Diagramma Prestazioni/Tempo**  
(costruito per edifici con struttura in muratura di tufo)



**Fig. 2-6 Diagramma Prestazioni/Tempo**  
(costruito per edifici con struttura portante in conglomerato cementizio armato)

## 2.6 TIPOLOGIE DI DIFETTI ED INTERVENTI NECESSARI

L'intonaco è soggetto all'azione continua di agenti esterni, ma anche di agenti provenienti dalla muratura, che provocano fenomeni di degrado localizzato e diffuso. A tal proposito risulta utile specificare quali possono essere i fattori di disturbo capaci di innescare un guasto o il degrado del componente (vedere difetti Tab. 2-2) al fine di poter identificare i corrispondenti livelli prestazionali ed i corrispondenti interventi da programmare.

<b>DIFETTO</b>	<b>DIAGNOSI</b>	<b>CRITERI D'INTERVENTO</b>
Alterazione cromatica	Analisi dell'entità e delle cause del fenomeno	Rifacimento dello strato di finitura
Deposito superficiale	Analisi della consistenza e della natura dei depositi	Lavaggio ad alta pressione con acqua addizionata con detergenti <sup>8</sup>
Efflorescenze	Analisi della consistenza e dell'estensione del fenomeno	Lavaggio ad alta pressione con acqua contenente soluzioni chimiche appropriate
Macchie e graffi	Analisi della sostanza imbrattante e del livello di penetrazione	Rimozione mediante lavaggio o estrattori chimici
Alterazione della finitura superficiale	Valutazione dell'estensione e dell'entità del difetto	Rifacimento dello strato di finitura superficiale
Bollature superficiali	Verifica dell'estensione e della causa del difetto	Stesura di un ulteriore strato di finitura sottilissima o raschiatura e rifacimento dello strato più esterno
Depositi superficiali - Croste	Analisi della consistenza e dell'estensione del fenomeno	Lavaggio ad alta pressione con acqua contenente soluzioni chimiche appropriate
Microfessurazioni	Verifica dell'estensione e della causa del difetto	Stesura di un ulteriore strato di finitura sottilissima oppure raschiatura e rifacimento dello strato più esterno
Erosioni e sfarinamento	Verifica dell'estensione e della causa del difetto	Raschiatura e rifacimento dello strato più esterno
Attacco biologico	Analisi della natura e dell'entità	Lavaggio ad alta pressione con

<sup>8</sup> il lavaggio non è possibile negli intonaci a stucco, per i quali si potrà procedere, se possibile, con l'asportazione della patina superficiale degradata e la rilucidatura

	dell'attacco	acqua ed eventuale trattamento con anticrittogamici
Disgregazione	Analisi delle cause che hanno determinato il fenomeno	Rifacimento totale o rappezzamento <sup>9</sup> localizzato previa rimozione dell'area di intonaco interessata dalle lesioni, pulizia e trattamento del supporto e successiva ripresa cromatica della finitura
Distacchi	Analisi delle cause che hanno determinato i distacchi	Rifacimento totale o Rappezzamento <sup>3</sup> localizzato previa pulizia e trattamento del supporto e successiva ripresa cromatica della finitura
Fessurazioni	Analisi delle cause che hanno determinato il fenomeno	Rifacimento totale e Rappezzamento localizzato previa rimozione dell'area di intonaco interessata dalle lesioni, pulizia e trattamento del supporto e successiva ripresa cromatica della finitura
Penetrazione di umidità	Analisi dell'origine dell'infiltrazione	Demolizione dell'intonaco danneggiato, rimozione della causa, rifacimento con eventuale trattamento desalinizzante del sottofondo qualora si riscontri la presenza di sali
Rigonfiamenti	Analisi delle cause che hanno determinato i rigonfiamenti	Rifacimento totale o Rappezzamento localizzato previa pulizia e trattamento del supporto e successiva ripresa cromatica della finitura

**Tabella 2-2 – Gli interventi su intonaci degradati<sup>10</sup>**

<sup>9</sup> il rappezzamento degli intonaci ai silicati, specie se colorati in pasta, è problematico e con il tempo dà luogo a differenze cromatiche accentuate; ciò vale anche nel caso di intonaci ai silicati tinteggiati. Le riprese sono inoltre difficoltose ed esteticamente inaccettabili negli intonaci plastici e in quelli a stucco

<sup>10</sup> tratto da: D'Ambrosio V., Losasso M., I prodotti per il recupero delle facciate in "Costruire" n.231

Dunque quando arriva, il momento in cui l'intonaco a causa del processo di deterioramento non può più mantenere la funzione preposta si rende necessario intervenire per ripristinarne l'integrità. Gli interventi sugli intonaci degradati spaziano dal restauro al recupero, dalla manutenzione al ripristino localizzato, dalla demolizione al completo rifacimento.

## **2.7 FREQUENZA DELLE AZIONI MANUTENTIVE SUGLI INTONACI**

Condotta una breve disamina sulle anomalie che si possono definire più ricorrenti, l'aspetto più importante da evidenziare risulta ora quello della frequenza di esecuzione delle azioni manutentive da condurre che possono in realtà essere più precisamente distinte in controlli ed interventi veri e propri.

INTONACO			
AZIONE		DESCRIZIONE SINTETICA	FREQUENZA
Controllo	Controllo a vista	Verifica dell'uniformità cromatica e della presenza di depositi, efflorescenze, macchie, croste, sfarinamenti e altre alterazioni superficiali.	2 – 4 anni
Controllo	Controllo a vista e/o strumentale	Verifica della presenza di distacchi, fessurazioni, rigonfiamenti, infiltrazioni di umidità.	2 – 4 anni
		Tali verifiche possono per esempio avvalersi di indagini a percussione, ultrasuoni e termografie, pull out.	
Controllo	Controllo a vista e strumentale	Verifica di eventuali danni al supporto.	5 – 10 anni
Intervento	Pulizia	Pulizia e rimozione di macchie, incrostazioni, depositi superficiali, ecc. La pulitura può essere manuale (con spazzole di saggina o di nailon, con spatole, raschietti, carta abrasiva, frese di nailon o setola) o automatica (acqua nebulizzata) o chimica (con solventi atti a sciogliere la pellicola superficiale). La scelta dipende dal tipo di finitura (ad esempio per una pittura a calce è possibile eliminare i residui con metodi manuali, se la pellicola è a base di resina ed è distaccata dal sottofondo in tutto o in parte è possibile utilizzare una sabbiatura leggera).	5 – 7 anni
Intervento	Tinteggiatura	Rifacimento dello strato di finitura ed applicazione di pittura. L'intervento deve essere preceduto da un'adeguata preparazione del supporto che in generale dovrà essere spolverato, raschiato ed, eventualmente, stuccato e levigato al fine di renderlo perfettamente complanare. La scelta della finitura va fatta in relazione alle prestazioni che si vogliono ottenere nelle specifiche condizioni di esposizione; occorre inoltre tener conto anche della compatibilità dei materiali a contatto	10 – 15 anni
Intervento	Consolidamento dell'intonaco	Nell'ipotesi di intonaci antichi (edifici di interesse storico, artistico, architettonico) o di un certo pregio è possibile prevedere un consolidamento	All'occorrenza (AO)
Intervento	Riprese	Sostituzione o integrazione di parti degradate con estensione limitata. Le parti degradate devono essere rimosse senza danneggiare quelle sane e previa pulizia del fondo eseguita con mezzi meccanici o manuali onde rimuovere detriti, polveri e residui della lavorazione precedente; la ripresa deve essere eseguita con malte che abbiano le medesime caratteristiche fisiche e meccaniche di quelle in opera (leganti, inerti, modulo elastico, coefficiente di dilatazione termica, ecc.) e che siano eventualmente additivate per assicurare l'adesione ed evitare l'insorgere di fessurazioni tra il vecchio ed il nuovo intonaco.	10 – 15 anni
Intervento	Ripristino parziale	Rifacimento dello strato più esterno della finitura	15 – 20 anni
Intervento	Ripristino totale	Rimozione mediante spicconatura dell'intonaco degradato e rifacimento secondo le modalità e tecnologie previste dal capitolato.	20 – 25 anni

**Tab. 2-3 Frequenza azioni manutentive sugli intonaci**

## 2.8 I SISTEMI DI COLORITURA: CARATTERISTICHE, REQUISITI E COMPATIBILITA' CON I DIVERSI SUPPORTI

### 2.8.1 Caratteristiche fisiche e requisiti prestazionali dei sistemi di coloritura.

I sistemi di coloritura devono garantire una valida protezione dell'intonaco, avere una buona resistenza agli agenti atmosferici, devono rispettare le peculiarità estetiche del manufatto prestandosi a specifiche esigenze cromatiche e avere un invecchiamento “esteticamente accettabile”.



Nel corso del tempo, e soprattutto negli ultimi decenni, sono stati introdotti numerosi materiali innovativi e prodotti preconfezionati di nuova concezione, unitamente a diverse tipologie applicative. Alcune di queste soluzioni si sono purtroppo rilevate incompatibili con i supporti murari, soprattutto quando applicate su supporti antichi e tradizionali, dimostrando quindi una scarsa durata ed un precoce decadimento e/o alterazione dei toni cromatici.

Le esperienze e le conoscenze che nel frattempo sono maturate hanno permesso di individuare caratteristiche chimico – fisiche, leganti e pigmenti dotati di buona resistenza agli agenti atmosferici e compatibilità con i diversi supporti.

Affinché siano garantite caratteristiche di durata alle aggressioni atmosferiche e compatibilità con il supporto murario, i sistemi di coloritura devono possedere le seguenti caratteristiche fisiche:

- bassa permeabilità all’acqua in forma liquida per garantire una protezione della muratura dall’azione dell’acqua piovana e ridurre sia la deposizione che la penetrazione di Sali solubili veicolati dall’acqua;
- alta permeabilità al vapore acqueo per consentire la traspirazione della muratura e l’eliminazione dell’acqua penetrata o presente al suo interno;
- buona e duratura aderenza al supporto;
- elevata resistenza al biodeterioramento ( alghe, muffe, microflora ecc.); questo parametro riesce ad essere raggiunto in maniera naturale dai sistemi a base di calce o a base di silicati di potassio in considerazione dell’elevata alcalinità dei leganti; deve essere raggiunto con additivazioni specifiche dai sistemi a base di resine acriliche o silossaniche.

### **2.8.2 Compatibilità tra sistemi di coloritura e supporti**

Il sistema di coloritura deve prendere in considerazione la natura del supporto su cui verrà applicato. Si possono distinguere due principali tipologie di supporto e ad esse associare i sistemi di coloritura.

a) Supporti tradizionali a base di calce e/o calce idraulica e/o calce con “additivazioni idrauliche” (coccio pesto, pozzolana):

- pitture a calce con pigmenti minerali
- pitture ai silicati di potassio con cariche e pigmenti minerali applicati a velatura
- pitture ai silicati di potassio e resine acriliche in emulsione acquosa (contenuto max in resine acriliche pari al 5%) con cariche e pigmenti minerali applicati a velatura

b)Supporti cementizi o a base di calce e cemento o, in generale su supporti a bassa porosità:

- pitture ai silicati di potassio e resine acriliche in emulsione acquosa con cariche e pigmenti minerali
- pitture silossaniche in dispersione acquosa con cariche e pigmenti minerali
- pitture acriliche in dispersione acquosa con cariche e pigmenti minerali.

Nei supporti di tipo cementizio o compromessi da sistemi moderni è possibile applicare pitture a calce con pigmenti minerali predisponendo sulla superficie compromessa una rasatura coprente con premiscelati a base di calci idrauliche.

### **2.8.3 La preparazione dei supporti**

I supporti devono essere preparati in modo tale da consentire una continua aderenza ed un uniforme grado di copertura dei sistemi di coloritura. Nelle prescrizioni di carattere generale sulla preparazione dei supporti si possono distinguere due principali tipologie di intervento: supporti di nuova esecuzione, restauro di vecchi supporti.

#### **a) Supporti di nuova esecuzione.**

Nel caso di intonaci di nuova esecuzione, ove si prevede la stesura di sistemi di coloritura su superficie secca (es. sistemi di coloritura ai silicati, silossanici, acrilici), si dovrà attendere un congruo periodo di tempo necessario ad un'adeguata stagionatura degli intonaci (solitamente un giorno di stagionatura per ogni millimetro di spessore applicato).

Nel caso di sistemi di coloritura a base di calce con tecnica "a fresco", la tecnica esecutiva umido su umido deve prestare particolare attenzione ai tempi di stagionatura del ciclo di intonacatura, allo spessore applicato dello strato preparatorio a base di grassello di calce, alle condizioni termoigrometriche durante l'applicazione. Ciò al fine di evitare reticoli fessurativi in superficie o sull'ultimo sottile strato preparatorio a base di grassello di calce.

#### **b) Restauro dei vecchi supporti.**

- Le superfici del supporto dovranno risultare pulite e prive di biodeteriogeni (alghe, licheni, micro e macroflora), incrostazioni, di parti parzialmente distaccate, decoese, polverulente.
- L'assorbimento del supporto dovrà risultare il più possibile uniforme e omogeneo.
- Per un perfetto aggrappo delle pitture a calce e a silicati (consentendole di sviluppare i loro processi di mineralizzazione con il supporto) particolare cura dovrà essere prestata all'eliminazione dei sistemi di coloritura compromessi o di protezione resinosi, idrorepellenti o a basso assorbimento d'acqua (come per esempio: intonaci plastici, pitture al quarzo, vernici, smalti, trattamenti protettivi siliconici ecc.).

- Nei cicli di pulitura dei supporti si raccomandano sistemi delicati e a basso impatto inquinante, come lavaggi con acqua a bassa pressione, micro sabbiature con sistemi di confinamento e recupero delle polveri, spazzolature con spazzole di saggina dura, aspirazione della polverosità, ed in generale tutti quei cicli che non causano abrasioni e sollecitazioni meccaniche sul supporto da conservare.
- Nel caso di rifacimento parziale dell'intero ciclo o di parti del ciclo di intonacatura si raccomanda la riproposizione di materiali e soluzioni applicative che riproducano il più possibile le caratteristiche dei supporti originari: distribuzione granulometrica e connotati petrografici dell'inerte, qualità del legante e rapporto legante/inerti ecc.

#### **2.8.4 La fase di applicazione: condizioni termoigrometriche ambientali e del supporto.**

Nella stesura dei sistemi di coloritura dovranno essere controllate le condizioni termoigrometriche ambientali e del supporto evitando le seguenti condizioni:

- in giornate con temperature inferiori a 5°C, o in cui si preveda l'abbassamento delle temperature a questi valori prima dell'essiccazione completa della tinta;
- in giornate piovose o con un'umidità relativa superiore all'80%;
- in giornate estive torride particolarmente ventilate e su superfici esposte all'irraggiamento solare;
- su supporti costantemente umidi;
- in condizioni termoigrometriche ambientali o su supporti specificati come non idonei dal produttore del sistema di coloritura.

## **CAPITOLO 3**

### **LA NORMATIVA MONDIALE: ISO 15686**

#### **3.1 LA “INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION”**

La “International Organization for Standardization” è una federazione mondiale di enti nazionali di normazione. Tale organizzazione è composta da membri provenienti da 163 paesi, uno per paese, con un segretariato centrale in Ginevra, Svizzera, che coordina tale network. I suoi fondatori decidono di darle un nome breve ed universalmente riconosciuto, liberandola così dai numerosi acronimi attribuiti nei diversi paesi, e scelgono “ISO”, derivato dal greco *isos*, uguale.

ISO è un’organizzazione non governativa che costituisce un ponte tra il settore pubblico e quello privato. Da un lato, molti dei suoi istituti membri fanno parte della struttura di governo dei rispettivi paesi, o comunque sono incaricati dal governo; dall’altro, altri membri hanno le loro radici unicamente nel settore privato, essendo stati istituiti tramite partnership nazionali di associazioni di settore. Così, ISO permette di raggiungere un consenso riguardo a soluzioni che soddisfino sia i requisiti di business sia le più ampie esigenze della società, dedicandosi allo sviluppo ed al mantenimento di standard internazionali applicabili ad un’ampia gamma di prodotti, processi e servizi. Gli standard internazionali prodotti da ISO sono riconosciuti non solo all’interno dei paesi partecipanti, ma anche in molti altri paesi.

Il lavoro di elaborazione degli standard internazionali è effettuato da commissioni tecniche (Technical Committees), composte da esperti dei settori industriali, tecnici e commerciali che chiedono l’elaborazione di nuovi standard da usare. Questi possono unirsi, inoltre, a rappresentanti di agenzie governative, associazioni di consumatori, organizzazioni non governative e del mondo accademico.

Le proposte di istituire nuovi comitati tecnici sono sottoposte a tutti gli organi nazionali membri ISO, che possono scegliere di partecipare (P), essere osservatori (O) o non essere membri della commissione. Il segretariato (vale a dire l’organismo che fornisce il supporto amministrativo per i lavori della commissione) è solitamente assegnato dal Technical Management Board (che riferisce a sua volta al Consiglio ISO) al membro ISO che ha formulato la proposta. Il segretariato è responsabile della nomina di un individuo che agisca in qualità di presidente del Technical Committee (TC), che risulta comunque formalmente nominato dal Technical Management Board.

Gli esperti partecipano sotto forma di delegazioni nazionali, scelte dal membro ISO, per il paese interessato. Le delegazioni sono tenute a rappresentare non solo il punto di vista delle

organizzazioni per cui i membri partecipanti lavorano, ma anche quello di altri attori interessati. Secondo le regole ISO, infatti, è previsto che ogni membro tenga conto delle opinioni di tutte le parti interessate allo sviluppo dello standard, in modo da presentare una posizione consolidata di consenso nazionale al TC.

Il lavoro di quest'ultimo si concretizza nella produzione di un progetto normativo preliminare, la "Draft International Standard" (DIS). Tale documento viene sottoposto alle valutazioni di tutti i membri nazionali che sono chiamati ad una votazione per la sua approvazione, che avviene solo se i due terzi dei P-membri votano a favore e non più di un quarto di tutti i voti risulta contrario. Il testo finale è predisposto tenendo in considerazione i rilievi espressi dai vari membri ed è rilasciato per la votazione finale come progetto definitivo ("Final Draft of International Standard"). Se questo fosse di nuovo approvato, tenendo presente l'identico quorum deliberativo in precedenza esplicito, il Segretariato Centrale pubblica l'International Standard.

In altre circostanze, qualora invece vi sia l'urgente necessità di produrre dei documenti direttivi, esistono altre forme normative diverse dalle International Standard ordinarie.

In effetti un TC, o comunque un sub-comitato, può decidere che un particolare elemento di lavoro debba sfociare nella pubblicazione di una "ISO Publicly Available Specification" (ISO/PAS). Normalmente questa decisione dovrebbe essere approvata in via preliminare, cioè in contemporanea con l'approvazione del nuovo elemento di lavoro proposto ("New Work Proposal Item"). Il testo viene sviluppato attraverso una fase preparatoria all'interno di un gruppo di lavoro, e in seguito sottoposto all'approvazione, tramite corrispondenza o in una riunione, per la pubblicazione come PAS. L'accettazione del documento richiede l'approvazione a maggioranza semplice dei P-membri del TC (o del suo sub-comitato) per cui il gruppo di lavoro opera.

Un TC potrebbe anche volere che un elemento di lavoro particolare si produca nella pubblicazione di una "ISO Technical Specification" (ISO/TS), che segue il medesimo iter procedurale della ISO/PAS per l'approvazione da parte dei P-membri, che questa volta però deve avvenire con il voto favorevole dei due terzi. Se il criterio di accettazione è soddisfatto, il documento deve essere inviato alla Segreteria Centrale per la pubblicazione come ISO/TS.

Entrambe queste specifiche normative esaminate devono essere rivedute ogni tre anni per decidere se confermarle per ulteriori tre anni, aggiornarle, farle divenire International Standard o ritirarle. Dopo sei anni, comunque, una "Specification" deve essere convertita in un International Standard o definitivamente ritirata.

Lo sviluppo degli International Standard è un fenomeno piuttosto dinamico, che non si ferma alla semplice votazione di approvazione o abrogazione, ma che riceve continui contributi dagli organi

membri, i quali possono esprimere il loro parere ed i propri suggerimenti presso il segretariato dell'ISO.

### **3.2 LA NORMA ISO 15686: “BUILDING AND CONSTRUCTED ASSETS. SERVICE LIFE PLANNING”**

L'interesse crescente nei confronti delle discipline riguardanti la pianificazione del ciclo di vita dei componenti edilizi non è stato trascurato dall'International Organization for Standardization, la quale ha istituito, così come per le più importanti problematiche dell'edilizia, una commissione tecnica di ricerca. Tale corpo ha avuto, e tuttora ha, il compito di raccogliere i frutti degli studi finora condotti e convogliarli nella produzione di norme universalmente valide.

La commissione che si occupa di edifici e costruzioni (*Buildings and constructed assets*) è il Technical Committee 59 (ISO/TC), il quale risulta diviso in sub-commissioni, tra cui v'è quella che si occupa della pianificazione della vita utile degli edifici, la Sub-Commission 14. Il lavoro di questi corpi di ricerca è iniziato nel 2000, anno in cui è stata pubblicata la prima parte della norma.

Le parti che compongono la ISO 15686 sono le seguenti:

ISO 15686-1:2000 : *General principles*;

ISO 15686-2:2001 : *Service life prediction procedures*;

ISO 15686-3:2002 : *Performance audits and reviews*;

ISO 15686-4:2003 : *Data requirements*;

ISO 15686-5:2008 : *Life cycle costing*;

ISO 15686-6:2004 : *Procedures for considering environmental impacts*;

ISO 15686-7:2006 : *Performance evaluation for feedback of service life data from practice*;

ISO 15686-8:2008 : *Reference service life and service-life estimation*;

ISO 15686-9:2008 : *Guidance on assessment of service-life data*;

ISO 15686-10:2010: *When to assess functional performance*;

ISO 15686-11 : *Terminology*.

Lo sviluppo della norma ha seguito un ordine cronologico che ha portato alla produzione delle prime parti della ISO 15686, volte a definire gli obiettivi ed i caratteri generali della disciplina di previsione della vita utile, mentre le successive parti hanno segnato il crescente approfondimento nei confronti delle principali tematiche che la caratterizzano.

### 3.3 ISO 15686-1:2000 “GENERAL PRINCIPLES”

La pianificazione della vita utile (*Service life planning*) è un processo di progettazione che si sforza di assicurare, per quanto possibile, che la vita utile di un edificio sia almeno uguale, se non superiore, alla sua vita di progetto, tenendo conto (e preferibilmente ottimizzando) il ciclo di vita dei costi dell'edificio. Questa parte della ISO 15686 fornisce una metodologia per prevedere la vita utile e stimare il tempo necessario per la manutenzione e sostituzione dei componenti. Essa fornisce così un mezzo per confrontare le diverse opzioni di costruzione; inoltre permette di verificare che il rendimento non sia ridotto in modo inaccettabile per soddisfare i vincoli di bilancio durante lo sviluppo progettuale.

Questa parte dell'ISO 15686 è destinata principalmente a:

- proprietari ed utilizzatori degli edifici;
- team di progettazione, costruzione e gestione delle strutture;
- industriali che forniscono dati a lungo termine sulla performance dei prodotti;
- manutentori degli edifici;
- periti edili;
- assicuratori edili;
- revisori tecnici di edifici;
- chi sviluppa o progetta standard di prodotto.

Essa introduce previsioni di rendimento a lungo termine, una valutazione della performance e stime basate sui fattori da applicare per stabilire un riferimento di vita utile, senza però affrontare in dettaglio previsioni sulla base del rendimento dimostrato e modellare così le prestazioni. Comunque, i giudizi scaturenti da una di queste tecniche possono fornire input importanti per una stima fattorizzata della vita utile.

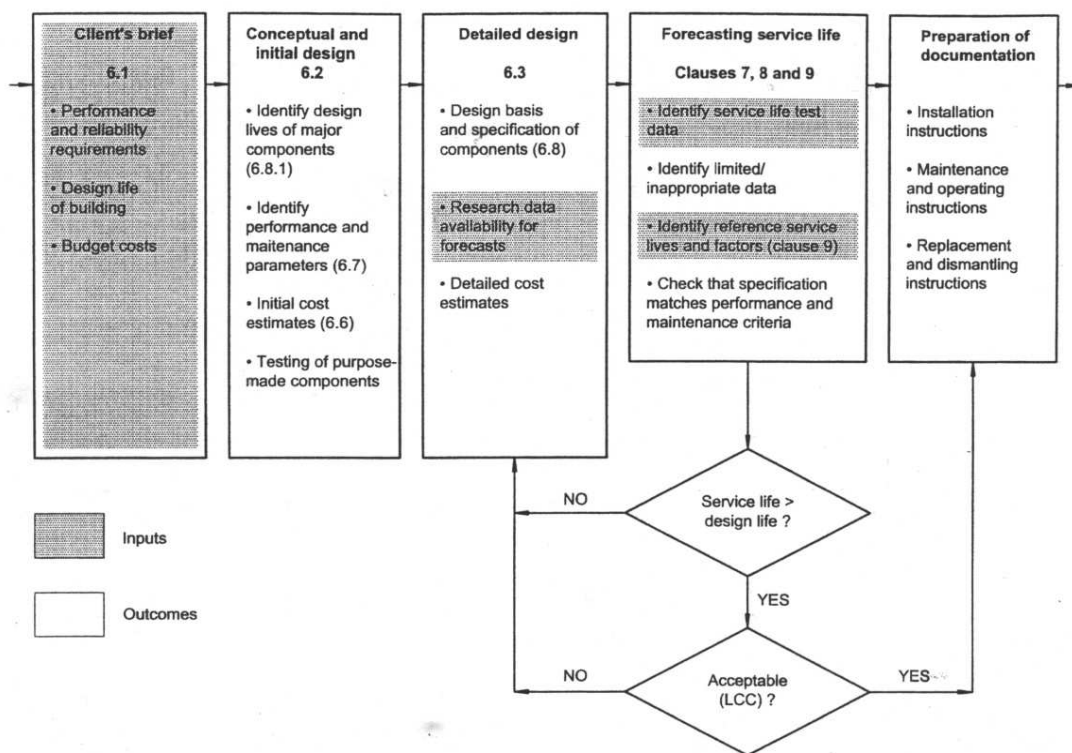
La pianificazione della vita utile ha principalmente lo scopo di ridurre i costi per il possesso dell'edificio. Una valutazione della durata di ogni parte dell'edificio aiuta a decidere le specifiche e i dettagli appropriati, così da poter effettuare la programmazione della manutenzione e applicare le tecniche ingegneristiche per la stima dell'utilità. L'affidabilità e la flessibilità dell'uso possono essere incrementate e la probabilità dell'obsolescenza ridotta.

Siccome la durata della vita utile non può essere a priori conosciuta precisamente, l'obiettivo è quello di fare una programmazione adeguatamente affidabile usando i dati disponibili. La finalità per la maggior parte dei clienti è quella di garantire che sia ottenuta la combinazione più vantaggiosa di capitale, manutenzione e costi operativi durante la vita dell'edificio.

Il risultato della pianificazione della vita utile si compone di una serie di previsioni sulla vita utile di ogni componente, del progetto di manutenzione e dei tempi ed esigenze di sostituzione. Ciò deve comunque tenere in considerazione la prestazione che l'edificio deve ottenere lungo l'arco di vita sotto determinate condizioni ambientali ad esso applicabili. Future riparazioni, rimozioni, riutilizzi, smontaggi e smaltimenti devono essere perciò considerati già nella fase progettuale.

Il diagramma di flusso, rappresentato in figura 3-1, evidenzia le fasi di evoluzione del progetto, condotto secondo la nuova concezione pianificatoria. Questo dimostra che la vita utile programmata può comportare valutazioni iterative del progetto per identificare quali aspetti rispettano adeguatamente i requisiti prestazionali e di manutenzione, pur mantenendo costi accettabili. Esso enfatizza anche l'importanza di intraprendere subito la sperimentazione degli appositi componenti, così che i risultati iniziali possano essere comparati con i requisiti indicati nel progetto.

La fase finale del processo richiede di comunicare i risultati della pianificazione della vita utile alle parti che si occuperanno di mantenere l'edificio, bisognosi di essere informati delle assunzioni fatte circa le condizioni ambientali e la manutenzione prevista.



NOTE Numbers refer to clauses within this part of ISO 15686.

**Figura 3-1**



La fase di concepimento progettuale è quella di definizione del Capitolato del Committente (*Client's brief*). In esso sono stabiliti gli obbiettivi fondamentali da rispettare, quindi i requisiti prestazionali dei vari componenti dell'edificio, i criteri di misurazione di tale funzionalità e della soglia critica di inadempimento per cui sono richieste sostituzioni di componenti. Si definiscono così le strategie di intervento per il miglioramento prestazionale, pianificando manutenzione, sostituzione e riparazione.

Dando seguito a ciò, la progettazione iniziale (*Conceptual and initial design*) deve verificare che la vita di progetto dell'edificio è raggiungibile all'interno dei vincoli programmati (budget, tempo, rendimento richiesto, requisiti di manutenzione e problematiche specifiche del sito prescelto).

La scelta della durata della vita di progetto di un componente si basa principalmente sulla tipologia d'intervento migliorativo al quale può essere sottoposto. Un elemento che risulti inaccessibile dal punto di vista costruttivo, quindi un elemento strutturale, il quale non è suscettibile di interventi di manutenzione o di sostituzione, necessita una vita di progetto pari a quella dell'intero edificio al quale appartiene, visto che la sua morte prestazionale corrisponde al "fuori uso" della costruzione globale. Per altri componenti, invece, la vita di progetto può essere minore di quella dell'intero edificio, quando su essi sia possibile, o comunque conveniente, intervenire con operazioni di manutenzione.

La tabella 3-1 suggerisce la minima vita di progetto per le categorie di componenti rispetto a quella dell'intero edificio, basata sulla possibilità di accedere alla relativa manutenzione.

La conoscenza del piano di manutenzione è un'ulteriore informazione necessaria allo sviluppo della fase iniziale del progetto. È chiaro che non è possibile conoscere tutti gli interventi manutentivi, ma alcuni di essi sono immediatamente ipotizzabili in certi contesti.

Design life of building	Components			Building services
	Inaccessible or structural	Replacement is expensive or difficult*	Major replaceable	
Unlimited	Unlimited	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10
NOTE 1: Easy to replace components may have design lives of 3 or 6 years NOTE 2: An unlimited design life should very rarely be used, as it significantly reduces design options. * including below ground drainage				

**Tabella 3-1**

Infine bisogna precisare che tale schematico quadro generale rappresenta solo un punto di partenza per discutere di eventuali scelte che, comunque, devono sempre tenere in considerazione le appropriate ragioni economiche. Infatti il progetto non può che riflettere i vincoli di budget e potrebbero essere necessari degli aggiustamenti per gli stessi requisiti di vita utile, implicando un diverso programma manutentivo. Per questo motivo si ricerca un compromesso tra costi iniziali di realizzazione dell'edificio e requisiti prestazionali. Qualora i primi siano relativamente modesti potrebbe accadere che nella vita dell'edificio siano necessari notevoli o frequenti interventi manutentivi, così come la scelta di un iniziale alto livello prestazionale richiederebbe minori interventi successivi.

In seguito a questa fase iniziale il progetto prende forma in maniera sempre più dettagliata (*Detailed Design*), compiendo scelte sui materiali e componenti da installare. A tale livello è possibile individuare il comportamento prestazionale dell'edificio, avendo l'opportunità di confrontare i requisiti previsti con quelli che i materiali e i componenti riescono ad offrire, sfruttando l'esperienza nel loro impiego nell'edilizia, sotto certe condizioni di sollecitazione esterna.

Il rendimento dell'edificio diminuisce nel tempo con un ritmo dovuto principalmente a:

1. l'ambiente, comprendendo le reazioni alle interfacce e/o componenti;
2. il progetto dell'edificio, i dettagli dei componenti e della loro installazione;
3. i materiali;
4. la capacità e la qualità del sito di lavoro;
5. la manutenzione;
6. l'utilizzo.

Per quanto riguarda la caratterizzazione ambientale, è da sottolineare che si tratta sempre di una fattispecie unica quella riferita ad ogni edificio e può essere espletata in modo generalizzato o dettagliato, a seconda della sua criticità e dei dati disponibili. Lo scopo di tale compito è quello di identificare gli agenti rilevanti ai fini del degrado e i loro probabili effetti, misurandone l'impatto per intensità e concentrazione oltre alla frequenza ciclica degli stati atmosferici. Si nota che in alcuni casi condizioni estreme stabili causano meno deterioramento di frequenti cicli atmosferici, come nel caso di un frequente processo di gelo-disgelo.

Altra condizione sottoposta ad una certa aleatorietà è la qualità del sito di lavoro, poiché potrebbe essere difficile nel sito raggiungere le specifiche condizioni richieste per la costruzione (per la movimentazione dei materiali, l'applicazione di rivestimenti e sigillanti ad es. per il fatto che la maturazione del calcestruzzo risulta più difficile in ambiente piovoso e umido).

Tali fattori rappresentano la maggiore causa di incertezza delle stime di durabilità e del ciclo di vita, sebbene questa non dipenda soltanto da essi, ma anche dall'incertezza della qualità dei prodotti,

legata alla forte manualità presente nei processi di costruzione nell'edilizia, fortemente soggetta alla competenza dell'operatore impiegato.

I materiali e i componenti variano nel reagire agli agenti degradanti, perciò alcuni di essi possono risultare inappropriati anche ad un primo controllo. Dati sperimentali ottenuti presso il produttore dovrebbero essere usati per identificare i materiali adatti, anche se potrebbero non essere disponibili per tutti gli agenti rilevanti.

I produttori generalmente hanno una conoscenza abbastanza dettagliata delle caratteristiche prestazionali dei prodotti che essi forniscono, ma, non avendola relativamente ai requisiti di rendimento ed agli agenti che caratterizzano l'ambiente circostante, non possono essere in grado di fornire dati affidabili per la previsione della vita utile dei loro prodotti. Perciò dovrebbero essere aggiornati circa tutte le discussioni, analisi e richieste del committente per verificare la conformità dei componenti selezionati al progetto.

Ad una scelta dettagliata delle tecniche costruttive e dei materiali impiegati corrisponde anche una stima più precisa dei costi, sia quelli della fase iniziale, sia quelli relativi alla vita utile dell'edificio e alla sua gestione.

La fase successiva al completamento delle scelte progettuali e quindi alla definizione della specifica fattispecie, sia tecnica che ambientale, è quella di previsione della vita utile (*Service life forecasting*). L'obiettivo di tale fase è di stabilire se ci si può attendere di oltrepassare la vita di progetto richiesta con adeguata affidabilità. Le previsioni di vita utile dovrebbero ridurre l'incertezza, cercare di usare dati disponibili di riconosciuta qualità, prendere in considerazione la variabilità ed essere usati per guidare piuttosto che dettare.

Una previsione di vita utile viene indicata come "vita utile prevista" (*predicted service life*) se basata su procedure che abitualmente richiedono test specifici. Essa può essere usata però per determinare la vita utile di riferimento (*reference service life*), che può essere quindi regolata per riflettere fattori locali e di progetto specifici usando il metodo fattoriale, che verrà descritto successivamente.

Per determinare la "vita utile stimata" (*estimated service life*) infatti si considera il riferimento generico e si valuta la deviazione prestazionale da esso, determinando nuovamente il caso generico. Non v'è dubbio che un'indagine condotta direttamente su una determinata fattispecie può portare a dei risultati più precisi ed affidabili, ma ciò non è sempre agevole da compiersi e quindi può risultare più conveniente optare per la soluzione meno affidabile ma più immediata.

L'affidabilità e la precisione delle previsioni di vita utile dipendono principalmente dalla disponibilità dei dati, dalle necessarie assunzioni e dalla loro rispondenza alla vita reale.

Generalmente un più basso livello di affidabilità sarebbe accettabile per componenti manutenibili rispetto a quelli che devono funzionare senza manutenzione per tutta la vita utile dell'edificio. Un limite di confidenza dell'80% potrebbe essere accettabile per i primi, mentre per quelli inaccessibili alla manutenzione si richiedono livelli più elevati. Stime e previsioni della vita utile dei componenti permanenti dovrebbero perciò oltrepassare la vita utile dell'edificio con un margine di sicurezza per eventuali errori.

Qualunque metodo di previsione della vita utile venga scelto vanno considerati i seguenti punti critici:

1. agenti che causano il degrado;
2. gli effetti delle variazioni dell'intensità e della distribuzione degli agenti;
3. gli effetti della combinazione degli agenti.

Il contesto sollecitante, al quale il componente è sottoposto, è determinato da una serie molto ampia di fattori di degrado, ma tra essi bisogna sceverare quelli rilevanti da quelli poco significativi. Gli agenti di degrado possono essere identificati in una rassegna generale, nella quale sono raggruppati secondo la loro natura. La norma ISO 6241:1984 *“Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered”* ci fornisce una tabella, riportata in figura 3.3, nella quale gli agenti sono classificati secondo le categorie: meccanica; elettromagnetica; termica; chimica; biologica, e per ciascuno di essi viene riportato un esempio.

Nature	Class	Examples
Mechanical agents	Gravity Forces and imposed or restrained deformations Kinetic energy Vibrations and noises	Snow loads, rainwater loads Ice formation, expansion and contraction, land slip, creep Impacts, sand storm, water hammer Tunnelling, vibration from traffic or domestic appliances
Electromagnetic agents	Radiation Electricity Magnetism	Solar/UV, radioactive radiation Electrolytic reactions, lightning Magnetic fields
Thermal agents	Extreme levels or fast alterations of temperature	Heat, frost, thermal shock, fire
Chemical agents	Water and solvents Oxidizing agents Reducing agents Acids Bases Salts Chemically neutral	Air humidity, ground water, alcohol Oxygen, disinfectant, bleach Sulfides, ammonia, agents of combustion Carbonic acid, bird droppings, vinegar Lime, hydroxides, cement Nitrates, phosphates, chlorides, plaster Limestone, fat, oil, ink
Biological agents	Vegetable and microbial Animal	Bacteria, moulds, fungi, roots Rodents, termites, worms, birds.
NOTE This table is taken from ISO 6241, which has additional examples. Note that the agents are classified according to their nature. In general, external to the building the origin of agents is the atmosphere or the ground, whereas internally the origin is either occupancy or design and installations.		

**Figura 3-2**

Una volta che gli agenti rilevanti sono stati identificati è necessario determinare però la distribuzione e l'intensità dei fenomeni durante un periodo di tempo di riferimento (di solito un anno), e in alcuni casi i valori massimi e minimi di grandezza raggiunti. Se, per esempio, si considerano le sollecitazioni termiche, non è sufficiente conoscere le temperature massime e minime ma è fondamentale la conoscenza della distribuzione per tenere conto degli effetti del gelo-disgelo.

Inoltre gli agenti molto raramente agiscono autonomamente, anzi nella maggior parte dei casi lavorano in sinergia. Questa azione simultanea può sviluppare effetti diversi da quelli forniti dai singoli agenti, pertanto è necessario cogliere i risultati della loro combinazione prima di tenere conto di altri fattori di degrado.

Come evidenziato in precedenza, la previsione della vita utile di un edificio o di un componente edilizio (*Service life forecasting of a building/component*), può avvenire secondo due strade: la prima è quella riferita ad un caso specifico per il quale vengono effettuate indagini mirate che portano a risultati affidabili e prontamente fruibili (3.3.1); la seconda è quella che si avvale della prima solo per la determinazione di un caso generico, ma successivamente individua le specificità della fattispecie considerata, effettuando valutazioni sulla sua deviazione dalle condizioni generiche (3.3.2). Nei due paragrafi successivi saranno analizzati questi diversi approcci alla previsione del ciclo di vita.

### **3.3.1 Service life prediction based on exposure and performance evaluation**

L'acquisizione, la selezione e l'utilizzo dei dati per prevedere la vita utile di uno specifico materiale, componente o assemblaggio segue un approccio sistematico che assiste il progettista nel commissionare o interpretare prove effettuate da esperti.

Si applica una serie definita di condizioni conosciute come rilevanti e complete, almeno per gli agenti considerati importanti nello specifico oggetto di studio, così che i risultati ottenuti possono essere usati senza ulteriori modifiche. Altrimenti saranno richieste modifiche, che possono essere compiute col metodo fattoriale (descritto successivamente) o da altri metodi più sofisticati se disponibili. Occorre precisare che non vengono quindi considerate tutte le principali condizioni di vita di un sistema edilizio, trascurando, per esempio, gli aspetti della manutenzione e dell'uso.

Lo strumento del *Service Life Prediction* è molto importante per la raccolta delle informazioni e dei dati utili allo sviluppo futuro dei metodi di valutazione della vita degli elementi edilizi, vista la difficoltà e l'onerosità che richiede una campagna di prove all'atto della progettazione.

La metodologia sottesa a tale strumento di previsione viene largamente analizzata nella seconda parte della ISO 15686. Essa si compone di cinque punti fondamentali, di seguito semplicemente elencati:

1. definition (definizione del problema);
2. preparation (preparazione);
3. pretesting (prove preliminari);
4. exposure and evaluation (prove di esposizione e valutazione);
5. analysis and interpretation (analisi ed interpretazione).

### 3.3.2 Factor method for estimating service life

Questo metodo permette una stima della vita utile per un particolare componente o assemblaggio in specifiche condizioni. Tale stima è infatti basata sulla vita utile di riferimento (*Reference service life of a Building/Component*) moltiplicata per alcuni coefficienti correttivi che tengono conto della diversità delle condizioni di vita del caso specifico affrontato rispetto alle condizioni generali di riferimento. La *Reference service life* rappresenta tale condizione generale ed è la vita utile che ci si aspetta da un componente sotto una determinata serie di condizioni d'uso.

Il metodo fattoriale può essere così espresso con una formula:

$$ESLC = RSLC \cdot (A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)$$

Tale metodo permette di considerare ognuna delle variabili che con buona probabilità condizionano la vita utile; può essere usato per fare una valutazione sistematica anche quando le condizioni di riferimento non si collegano appieno a quelle d'uso previste. Non tutti i componenti hanno bisogno di programmazioni basate su una stima fattoriale, perciò il team progettuale e il committente devono concordare gli elementi che devono essere valutati sulla base della loro criticità nell'uso e dei costi dell'edificio.

Il metodo non fornisce garanzie sulla vita utile di un componente, ma dà una stima empirica, tanto più affidabile quanto più sono approfondite le informazioni di partenza. Seppur di grande semplicità concettuale, esso non fornisce risultati che tengano conto della rilevanza degli eventi critici e infatti non dà informazioni sulla distribuzione prestazionale nel tempo. Per questi ed altri motivi il metodo necessita grande esperienza nel suo utilizzo e notevole cautela riguardo ai risultati che consegna.

Il punto di partenza del metodo fattoriale è la vita utile di riferimento, cioè il periodo che si ritiene possa durare un componente o un assemblaggio riferendosi a condizioni d'utilizzo ben definite. La sua determinazione può essere basata su:

- dati forniti da un produttore o da una casa di ricerca;

- esperienze precedenti o sull'osservazione di costruzioni o materiali in condizioni simili;
- valutazioni della durabilità certificate dagli organi nazionali e dell'UE;
- letteratura scientifica che raccolga valutazioni di vita utile dei componenti;
- codici di costruzione che possono dare tipiche vite standard per i componenti.

Per ottenere una vita utile affidabile bisogna avvicinarsi quanto più è possibile al caso di riferimento, quindi cercare di individuare la vita utile di un componente che sia sottoposto a condizioni molto simili a quelle del caso considerato. Così i fattori correttivi avrebbero scarsa influenza nella stima, potendo assumere valori molto prossimi, se non uguali, all'unità.

I fattori già inseriti nella vita utile di riferimento (come ad es. la variabilità di un materiale in una prova di laboratorio, o gli effetti di una manutenzione scadente, dove la vita utile di riferimento è ottenuta dall'osservazione del rendimento *in situ*) non dovrebbero essere presi di nuovo in considerazione nei fattori. Allo stesso modo è importante conoscere se la vita utile di riferimento è pessimistica (basata sul tempo della prima disfunzione) o ottimistica (basata sul tempo medio). I fattori correttivi tengono conto della deviazione delle condizioni di degrado del caso sottoposto alla stima rispetto a quello generale. È dunque chiaro che una situazione di maggior degrado conduce ad una diminuzione della vita globale del componente, pertanto il valore del fattore sarà minore dell'unità, mentre una condizione favorevole corrisponde ad un aumento della vita rispetto a quella di riferimento, con la conseguenza che il fattore sarà maggiore dell'unità.

Nella considerazione dei fattori è importante valutare la loro azione combinata che, in alcuni casi, può essere proporzionalmente negativa o migliorativa rispetto al loro indipendente effetto. Un esempio può essere la considerazione simultanea della scarsa qualità della manodopera e della forte presenza di piogge in fase di costruzione: se considerate separatamente queste due situazioni possono portare a condizioni non estremamente sfavorevoli, ma se valutate in sinergia esse sviluppano un'azione di degrado molto più forte.

Di seguito si analizzano le categorie di fattori, corrispondenti agli aspetti principali della vita di un edificio o componente edilizio:

*fattore A (Qualità dei componenti)*: la qualità delle parti di un edificio o dei materiali utilizzati è tenuta in considerazione in questa classe, nella misura in cui essi arrivano e vengono impiegati in sito;

*fattore B (Livello di progetto)*: questo fattore rispecchia la maniera in cui sono disposte le installazioni dei componenti, con una particolare attenzione per le misure di protezione adottate;

*fattore C (Livello di esecuzione dei lavori)*: in questa classe sono considerate tutte le operazioni che caratterizzano la realizzazione dell'edificio o di un suo componente. Giocano un ruolo fondamentale in tal senso la qualità della manodopera, le indagini di qualità costruttiva e le

condizioni generali di lavoro. Sono altresì importanti le condizioni di stoccaggio dei materiali e le tecniche di installazione adottate;

*fattore D (Ambiente interno)*: le sollecitazioni ambientali non provengono soltanto dall'esterno ma sono sviluppate anche dall'uso interno dell'edificio. Alcuni luoghi interni infatti possono portare a situazioni particolarmente degradanti;

*fattore E (Ambiente esterno)*: inizialmente può essere individuata una fattispecie ambientale molto ampia, che per esempio consideri in maniera sommaria le condizioni climatiche ed inquinanti, ma successivamente, per una stima più affidabile, bisogna individuare condizioni più specifiche fino a definire l'aspetto micro ambientale;

*fattore F (Condizioni d'uso)*: il degrado di un componente dipende anche dall'uso che se ne fa. Una parte di un edificio maggiormente frequentata sarà sottoposta ad un'usura dei materiali maggiore;

*fattore G (Livello di manutenzione)*: la manutenzione condotta nell'arco di vita dell'edificio o componente è di fondamentale importanza ai fini della qualità prestazionale. Il significato della manutenzione, nella maggior parte dei casi, è proprio quello di tenere alto il livello prestazionale, per evitare guasti rischiosi.

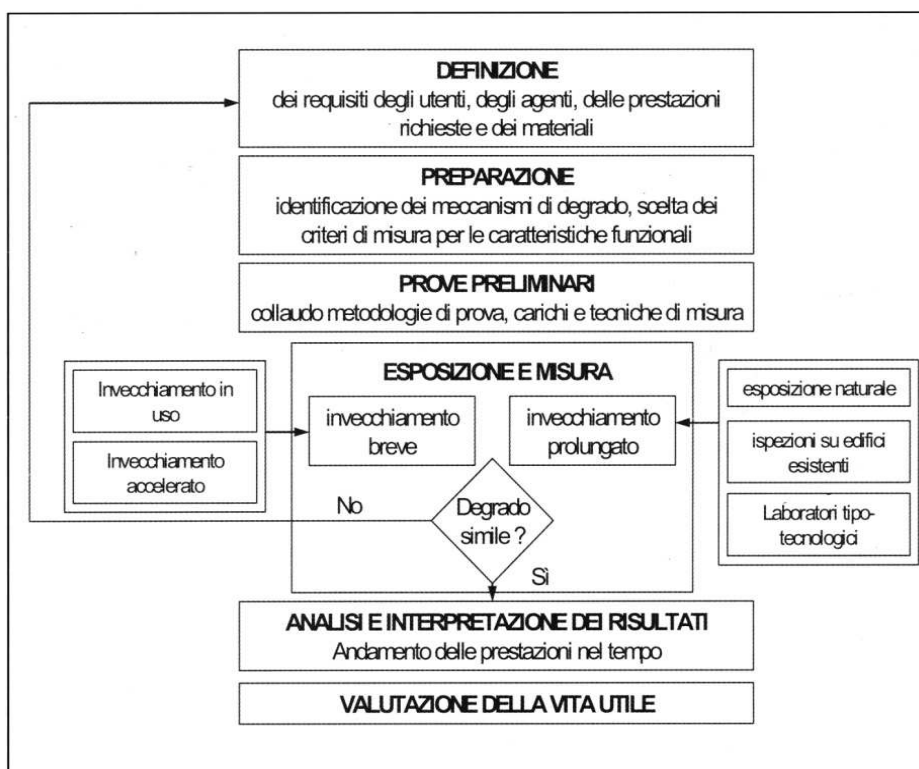
Il maggior pregio di tale metodo che è contemporaneamente anche il suo maggior difetto, è la sua semplicità che consente di applicarlo economicamente anche a progetti di piccole dimensioni, ma che comunque risulta a mio parere di scarsa affidabilità per la soggettività dei valori attribuiti ai fattori correttivi della Vita Utile di Riferimento.

### **3.4 ISO 15686-2:2001 “SERVICE LIFE PREDICTION PROCEDURES”**

Nella norma è stata considerata l'implementazione di una metodologia che assicuri la previsione della vita dei componenti, sfruttando i risultati raccolti nel documento “RILEM Technical Recommendation 64”, prodotto dal gruppo di lavoro W080 del CIB e della commissione tecnica TC 71-PSL. La metodologia vuole essere di carattere generale e mira a costituire indagini prestazionali su vari livelli della costruzione. Essa si basa su cinque punti fondamentali, come mostrati in figura 3-4:

- definizione del problema;
- preparazione;
- prove preliminari;
- esposizione e misura;
- analisi ed interpretazione dei risultati.





**Figura 3-4**

Nella prima fase di *definizione* del problema (Prediction of Service Life) viene definito il livello di studio da adottare. Questa operazione può condurre ad un'analisi diretta di un determinato componente, oppure ad un'analisi di carattere generale di componenti dalle caratteristiche diverse. E' fondamentale in tale fase l'individuazione dei requisiti prestazionali da soddisfare.

La fase di *preparazione* si incentra sull'individuazione dei possibili meccanismi di degrado, determinando le possibili situazioni di causa effetto. L'identificazione di questi meccanismi comporta l'individuazione degli agenti di degrado che li innescano in maniera autonoma o sinergica. La scelta dei meccanismi di degrado ha il fine di stabilire gli effetti e dunque la caduta prestazionale del componente edilizio. E' fondamentale un modello rappresentativo efficace, dove la raccolta e l'implementazione dei dati sui fenomeni di degrado può avvenire in diverse maniere, seguendo una via empirica oppure analitica.

E' necessario effettuare poi delle *prove preliminari* che collaudino l'efficacia delle scelte fin qui adottate. Tali prove hanno lo scopo principale di stabilire dei livelli di intensità degli agenti di degrado, stabilendone un ordine gerarchico e comprendere la reale natura delle cadute prestazionali.

L'*esposizione* dei componenti all'invecchiamento conduce alla *misurazione* del degrado, è possibile attraverso tale operazione scrivere una funzione prestazionale. Poiché i fenomeni di degrado sono delle variabili stocastiche, le funzioni prestazionali da essi determinate, vengono rappresentate come delle distribuzioni statistiche. Ciò necessita una campionatura molto fitta dei componenti, con la conseguente raccolta di dati omogenei nel tempo, al fine di ottenere una funzione prestazionale continua, quanto più vicina al reale andamento del livello di performance nel tempo.

I risultati ottenuti dall'*esposizione* all'invecchiamento vengono raccolti al fine di descrivere il comportamento del componente nel tempo in una funzione prestazionale. Definito tale andamento, esso va interpretato rispetto a quelli che sono i limiti minimi prestazionali determinando così la sua durabilità.

### **3.5 ISO 15686-3:2002 “PERFORMANCE AUDITS AND REVIEWS”**

Il problema principale della vita utile dei componenti edilizi e quello del soddisfacimento dei requisiti prestazionali. Le scelte da effettuare nella fase progettuale o nelle fasi successive devono essere verificate attraverso controlli che dimostrano la reale esistenza di un livello prestazionale. In tale parte della norma si effettua la distinzione dei controlli che possono essere effettuati su un progetto di studio, basata sulla loro dipendenza rispetto al progetto interno esistente. I controlli vengono effettuati autonomamente rispetto al progetto originario e vengono condotti da personale diverso dal team dei progettisti. Le revisioni sono invece comprese nel processo di progettazione e quindi si innescano automaticamente nella sua evoluzione. Non è da escludere che le due verifiche possono anche coesistere.

Le verifiche possono essere condotte in vari livelli temporali della vita di un edificio, vengono descritte in base alla fase in cui vengono richieste:

1. Project initiation: lo scopo del controllo è quello di verificare la futura conformità della costruzione ai requisiti prestazionali stabiliti nel capitolato, valutando le scelte preliminari effettuate e le condizioni del sito;
2. Initial design: si verificano che i requisiti stabiliti nella fase di elaborazione siano rispettati nello sviluppo delle prime scelte progettuali;
3. Detailed design: bisogna assicurare che le scelte dei materiali e dei componenti e delle loro modalità di installazione siano rispettosi nei confronti delle scelte del capitolato;
4. Construction: assicurarsi che siano state fornite informazioni e direttive approfondite agli addetti ai lavori per la realizzazione dell'opera, affinché non siano compromesse le intenzioni progettuali;

5. Subcontracting: qualora vi siano operazioni di costruzione che vengono commissionate ad imprese esterne;
6. Management: bisogna verificare che le operazioni di gestione seguano un programma adeguatamente sviluppato e consono ai requisiti del committente;
7. Adaptation/substitution/change of use: operazioni che portano a sostanziali cambiamenti dell'edificio, devono conservare il livello prestazionale delle altre parti dell'edificio. Qualora comporti un cambiamento dei requisiti prestazionali, allora anche le parti non modificate dell'edificio dovranno adeguarsi;
8. Final settlement/disposal: la fine della vita utile deve rispettare le disposizioni iniziali, poiché nella pianificazione della vita utile di un edificio devono essere indicate anche le modalità con le quali viene portato “fuori uso”.

Le figure protagoniste dei processi di controllo prestazionale sono: il committente “Client”, il responsabile del controllo del committente “Auditee” e il revisore “Auditor”, ognuno di essi determina la qualità e la precisione delle operazioni.

Il committente ha il compito di contattare il suo responsabile per il controllo e il revisore per implementare le operazioni di controllo.

Il responsabile dei controlli per il committente funge da mediatore con il revisore, contribuendo allo sviluppo dei controlli.

Il revisore è colui che sviluppa il controllo, dalla fase di approvvigionamento delle informazioni e dei dati, fino alla produzione della relativa documentazione.

Il processo di implementazione del controllo si basa sui seguenti punti:

- a) Piano di controllo;
- b) Documentazione;
- c) Registrazione;
- d) Raccolta dei risultati dei controlli.

La pratica di revisione ha luogo all'interno delle procedure di gestione interna della progettazione, e colui che assume il ruolo di revisore deve garantire l'efficacia dei controlli.

### **3.6 ISO 15686-4:2003 “DATA REQUIREMENTS”**

Bisogna definire i requisiti dei dati che intervengono nella valutazione della vita utile dei componenti edilizi. Il ciclo di vita di un componente edilizio, può essere analizzato o progettato secondo diverse chiavi di lettura, quella collegata alla resistenza dei materiali agli agenti di degrado,

oppure quella relativa all'assetto economico-manutentivo, o ancora quella prestazionale legata al benessere termo-acustico. La norma fornisce una scomposizione logica dell'edificio.

La stima della vita utile di un componente edilizio può essere effettuata attraverso il metodo fattoriale, descritto nella prima parte della norma, viene poi successivamente aggiornato e migliorato dal punto di vista dell'affidabilità. La determinazione della vita utile di un componente ESLC, avviene sempre in maniera deterministica e cioè moltiplicando la vita utile di riferimento RSLC, per dei fattori correttivi, che tengono conto della diversità delle condizioni da quelle di riferimento. Dunque la Estimated Service Life of a Component è data dalla seguente formula:

$$ESLC = RSLC \cdot (A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)$$

Le diverse categorie di fattori tengono conto di:

A: qualità del materiale;

B: livello di progetto;

C: livello di esecuzione dei lavori;

D: condizioni ambientali interne;

E: condizioni ambientali esterne;

F: condizioni d'uso;

G: livello manutentivo.

La differenza rispetto al metodo fattoriale originale della parte prima della norma, risiede nella determinazione dei fattori correttivi. Una valutazione che segue un'analisi probabilistica porta a risultati più consoni alle reali condizioni esistenti.

L'incertezza dei fattori può essere considerata fornendo una stima triplice di ognuno di essi, definendo il *limite inferiore*  $l$ , corrisponde alla probabilità del 5%, e il *limite superiore*  $h$ , che corrisponde alla probabilità del 95%, e il *valore più atteso*  $m$ . Ciascun singolo *fattore*  $f$  e la *deviazione standard*  $\sigma$  possono essere calcolati con le seguenti formule :

$$f = \frac{l + (4 \cdot m) + h}{6}$$
$$\sigma = \frac{h - l}{6}$$

La determinazione di questi fattori può essere condotta da un gruppo di esperti, secondo il *metodo Delphi*. Prevede la riduzione dell'incertezza dei fattori attraverso il confronto diretto delle valutazioni, espresse mediante l'assegnazione dei valori e attraverso dei giudizi esplicativi.

La triplice stima può essere effettuata anche mediante la simulazione *Monte Carlo*, basata su un'indagine degli edifici dalle caratteristiche omogenee. Tale indagine fornisce una distribuzione statistica, dalla quale otteniamo un valore medio e una deviazione standard che tiene conto dell'incertezza del fattore. Possiamo calcolare la vita utile di un componente come segue:

$ESLC = RSLC \cdot (\text{valore medio della simulazione} \pm \text{deviazione standard})$

Ulteriore analisi dei fattori di questo genere è quella basata su giudizi linguistici in luogo di quelli numerici.

L'approccio fattoriale descritto, è semplice da adottare e permette con facilità di calcolare la durata di un componente edilizio. Se invece consideriamo l'edificio nella sua globalità, l'utilizzo del metodo può portare a risultati molto ingombranti.

Quindi tutte le parti dell'edificio vengono separate in sub-sistemi di elementi funzionali, secondo i rispettivi requisiti funzionali. Ad ognuno di essi è assegnato una serie di attributi che ne connota la sua posizione, non solo dal punto di vista spaziale, ma anche di quegli eventi che intervengono a determinare la vita utile. La determinazione di tali attributi può essere perseguita dal team di progetto, ma è possibile anche attraverso la consultazione di codici di calcolo, norme, ricerche di campo e certificati di qualità. Attualmente non esistono metodi di calcolo di tipo algoritmico, pertanto la previsione della vita utile dei componenti non è possibile secondo questo approccio, ma sicuramente i fattori che giocano un ruolo fondamentale sono:

1. Interazione dei componenti;
2. Condizioni d'uso;
3. Strategia di manutenzione;
4. Eventi eccezionali;
5. Condizioni ambientali.

Lo strumento della valutazione della vita utile di un edificio ci consente di individuare le relazioni dei componenti con il contesto sollecitante, ambientale e di utilizzo, definendo in che modo essi gravano sulla durabilità dell'edificio.

Conoscere il comportamento di un sistema edilizio nel tempo è necessario per ottenere dei benefici economici. Il Whole Life Costing ovvero il costo di vita globale è lo strumento, che sulla base della previsione della vita utile, individua il costo totale dell'edificio, dunque del capitale d'investimento per la realizzazione e di tutti i costi necessari alla gestione della vita.

L'organizzazione economica della vita di un edificio ha un ruolo da protagonista nei sistemi edilizi, allacciandosi all'acquisizione di un attributo.

### **3.7 ISO 15686-5:2008 “LIFE CYCLE COSTING”**

Gli obiettivi della norma sono:

1. Stabilire una metodologia ed una terminologia comune, in modo che i vari strumenti utilizzati per la stima siano globalmente comprensibile;

2. Permettere il reale sviluppo e la concreta applicazione dei metodi di valutazione del Life Cycle Costing;
3. Fornire ad essi una struttura solida secondo determinati principi, istituzioni e termini;
4. Stabilire la differenza tra Whole Life Cost e Life Cycle Cost;
5. Fissare un elenco completo di tutti i costi possibili da considerare nelle valutazioni, in accordo con le condizioni specifiche delle varie nazioni.

### **3.7.1 Life cycle costing**

La valutazione del Life Cycle Cost si basa sull'analisi dei costi in fase di costruzione, di utilizzo e di fine vita utile, trascurando quella che è la fase iniziale di investimento. La fase iniziale di investimento, costituita dai costi relativi alle operazioni finanziarie ed acquisizione, viene invece considerata nel Whole Life Cost, dove non viene trascurato nessun evento della vita dell'edificio. La diversità dei due costi sta nel differente campo di applicazione temporale. Il Whole Life Cost si riferisce ad un intervallo di tempo più grande del Life Cycle Cost che ne costituisce parte integrante, essendo riferito solo a determinate fasi del ciclo di vita.

Lo strumento del Life Cycle Costing è utilizzato per effettuare valutazioni di tipo economico e scelte tra più opzioni esistenti. Il ciclo di vita di un edificio o di un componente edilizio è definibile come il periodo durante il quale esso viene utilizzato secondo la richiesta funzionale ed economica. Affinché si considerino nel Life Cycle Cost tutti i possibili eventi significativi che avvengono nella vita di un componente edilizio, la norma ha stabilito un elenco di costi, quali di costruzione e di utilizzo.

Possono essere suddivisi e da una parte raggruppati nelle voci che fanno capo alle osservazioni di tipo tributario e di servizi, come:

1. Imposte;
2. Assicurazioni
3. Tasse locali e sui terreni;
4. Spese di approvvigionamento energetico;
5. Spese di approvvigionamento e smaltimento idrico;
6. Spese di sicurezza e di conformità urbanistica.

Nell'altro gruppo consideriamo le voci afferenti alla manutenzione e alla sostituzione come:

1. Manutenzione preventiva;
2. Manutenzione programmata;
3. Pulizia e smaltimento dei rifiuti;

4. Maggiori riparazioni;
5. Sostituzione dei componenti guasti;
6. Manutenzione d'emergenza.

L'ultima categoria del ciclo di vita è quella della End of Life Disposal, i costi delle operazioni che portano alla fine dello sviluppo di funzionalità da parte di un sistema edilizio o di un suo componente. Le soluzioni che conducono ad esso sono diverse e dipendono dal valore residuale.

Tutti i costi fin qui considerati rappresentano delle variabili poiché essi vengono valutati nel momento in cui si determina il Life Cycle Cost, ma essendo riferiti a tempi futuri possono subire sensibili variazioni.

Vi sono altri costi che possono incorrere nella vita di un edificio, come l'avvento di nuove imposte oppure l'utilizzo di fonti energetiche alternative.

### **3.7.2 Whole life costing**

La determinazione del costo globale della vita si avvale oltre che degli annoverati nel costo del ciclo di vita, anche di una serie di circostanze estranee alla mera realizzazione e gestione fisica dell'edificio. Fattori relativi a condizioni che intervengono in maniera implicita nella vita economica di un edificio.

I costi non sono soltanto delle voci in uscita dal bilancio, esse possono essere delle entrate scaturite dallo sviluppo di caratteristiche prestazionali e di funzionalità più ampie di quelle programmate, con relativo miglioramento dell'efficienza dell'opera e del grado di soddisfacimento dell'utenza.

## **3.8 ISO 15686-6:2004 “PROCEDURE FOR CONSIDERING ENVIRONMENTAL IMPACT”**

Si pone l'obiettivo di individuare condizioni di impatto ambientale attraverso una valutazione sul ciclo di vita nell'ambito della pianificazione della vita utile. Gli impatti ambientali, connessi alle costruzioni o alle parti che lo compongono, possono dunque essere rilevanti nei riguardi della pianificazione del ciclo di vita, al pari delle condizioni di tipo tecnico ed economico. Spesso, tutte queste condizioni vengono considerate in parallelo, nell'obiettivo di effettuare delle scelte tra più opzioni esistenti.

Lo sviluppo della tecnica del Life Cycle Assessment avviene secondo tre operazioni principali:

1. Realizzazione di un inventario delle azioni in entrata e in uscita più importanti di un sistema edilizio;

2. Valutazione dei potenziali impatti ambientali scaturiti da queste azioni in entrata ed uscita;
3. Interpretazione dei risultati degli impatti rispetto agli obiettivi di studio.

Il risultato delle valutazioni ambientali, congiuntamente a quelle tecniche ed economiche, conduce alla produzione della documentazione del ciclo di vita esaminato, secondo tutti i requisiti stabiliti e modificato secondo i risultati delle analisi ai quali è stato sottoposto.

### **3.9 ISO 15686-7:2006 “PERFORMANCE EVALUTATION FOR FEEDBACK OF SERVICE LIFE DATA FROM PRACTICE”**

La stima del livello prestazionale di un sistema edilizio può avvenire attraverso delle indagini, l'obiettivo della norma è quello di guida per la preparazione e la produzione di tale operazione.

La vita utile di un componente edilizio può essere rappresentata, dal punto di vista della sua qualità, da una funzione prestazionale continua nel tempo. Tale curva è rappresentativa di tutti gli eventi che determinano un decadimento o un accrescimento prestazionale, rispetto al tempo  $t$  considerando un qualsiasi istante di vita, la curva individuerà la corrispondente prestazione fornita, la quale può essere confrontata con la gradazione di adempimento funzionale.

La curva prestazionale inizia con il concepimento dell'edificio e registra l'effetto del degrado nel tempo secondo una certa legge di variazione, senza interventi di manutenzione. La curva invece che rappresenta una vita in cui esistono interventi di miglioramento delle prestazioni è rappresentato dal tratto contraddistinto dalle discontinuità della funzione. La rispondenza ai requisiti funzionali è individuata attraverso il confronto della prestazione fornita all'istante generico con i gradi prestazionali, che individuano gli intervalli nei quali i fenomeni di degrado si verificano con diversa intensità.

Effettuare un'indagine prestazionale è un'operazione volta a determinare uno dei punti della funzione di decadimento prestazionale.

La registrazione dei dati di qualità funzionale dei componenti, può avvenire secondo diversi livelli di approfondimento, dipendenti dallo scopo per il quale vengono condotte le indagini. I livelli di registrazione delle informazioni si differenziano per la qualità delle informazioni ricercate.

Le operazioni di indagini sui componenti edilizi si basano sulle seguenti fasi principali:

1. Definizione dell'obiettivo;
2. Pianificazione;
3. Registrazione delle informazioni;
4. Valutazioni;
5. Documentazioni.



La *definizione dell'obiettivo* mira a stabilire lo scopo per il quale l'indagine viene condotta. La fase di *pianificazione* dell'indagine prestazionale ha l'obiettivo di fornire la conoscenza generale dell'oggetto da esaminare e successivamente sulla base di questa, si propone un'organizzazione delle operazioni, spaziali e temporali da effettuare.

La fase di *registrazione* si identifica con l'individuazione delle caratteristiche dell'oggetto esaminato sia per le condizioni esterne alle quali esso è sottoposto e con la conseguente decisione del corrispondente grado prestazionale. Utilizzando un approccio di tipo fattoriale, l'individuazione dello specifico contesto avviene mediante la determinazione della vita utile di riferimento RSL e dei fattori correttivi dalla categoria A sino a G. Fattori riferiti alla qualità dei materiali, della progettazione e costruzione, dell'utilizzo e della manutenzione, sono quelli più suscettibili di incertezza, qualora non esistano precise documentazioni di riferimento. Può essere utilizzata una scala di riferimento alle condizioni, con valori interni che vanno da 0 al 5, corrispondenti a giudizi ed informazioni di massima sulle prestazioni o sulla severità delle azioni o condizioni degradanti. Deve costituire solo un riferimento per la successiva determinazione dei fattori.

I fattori riguardanti le condizioni ambientali, interne ed esterne, devono essere quantificati in termini di intensità degli agenti di degrado riferiti al contesto. Possono essere utilizzati in alternativa classi d'intensità, validi per componenti dalle caratteristiche ambientali simili. Tali classi si riferiranno ad un campo di variazione dei fenomeni ambientali diverso a seconda del grado di raffinatezza dell'analisi.

E' di particolare interesse riportare la suddivisione dell'Europa in classi ambientali da parte dell'EOTA (European Organization of Technical Approval), dove si ha la suddivisione degli ambienti in base all'aggressività.

Bisogna tener conto del carattere climatico, effettuando una prima suddivisione in zone caratterizzate da omogenea precipitazione e umidità. Abbiamo quattro categorie principali:

1. *asciutto*: piogge con meno di 400 mm all'anno o media annuale di umidità relativa alle 9:00 am < 50%;
2. *semi umido*: piogge comprese tra i 400 mm e 800 mm all'anno oppure media annuale di umidità relativa alle 9:00 am tra il 50% e il 70%;
3. *umido*: piogge comprese tra gli 800 mm e 1300 mm annui oppure media annuale di umidità relativa alle 9:00 am compresa tra il 70% e l'80%;
4. *molto umido*: piogge superiori ai 1300 mm annui oppure media annuale di umidità relativa alle 9:00 am maggiore dell'80%.

La dimensione temperatura può essere divisa nei seguenti intervalli:

1. *fredda*: la temperatura media mensile massima per il mese più caldo è inferiore a 10°C oppure la temperatura media mensile minima è < -5°C per più di due mesi all'anno;
2. *temperata*: la temperatura media mensile minima < -5°C per non più di un mese dell'anno e la temperatura media massima è >35°C per non più di un mese;
3. *calda*: la temperatura media mensile massima è >35°C per più di un mese all'anno.

Viene fatta una classificazione riguardante l'inquinamento globale, dipendente soprattutto dall'aggressività dell'ambiente marino e della presenza di industrie.

La combinazione dei fattori climatici e di inquinamento portano alla produzione di scenari ambientali, rappresentativi di una gamma ampia di condizioni possibili.

Dalle innumerevoli condizioni ambientali esistenti in Europa si passa alle zone con caratteristiche omogenee.

Una *valutazione* della durabilità di un componente edilizio basata su questa suddivisione è applicabile su un campo più ristretto di variazione dei fenomeni e con maggior approfondimento, diminuendo la differenza tra la valutazione e la reale intensità degli agenti.

Dopo aver collocato il componente in una certa categoria di condizioni di vita, deve essere fornita la documentazione delle prestazioni, attraverso una scala di valori. La funzione prestazionale può essere confrontata in qualsiasi istante con cinque gradi prestazionali:

1. *grado 0*: assenza di sintomi;
2. *grado 1*: leggera presenza di sintomi;
3. *grado 2*: media presenza di sintomi;
4. *grado 3*: forte presenza di sintomi;
5. *grado 4*: livello inaccettabile, comprendente il collasso.

La gravità dei sintomi di degrado dipende dal riferimento ad un aspetto funzionale.

La prestazione individuata deve essere confrontata con i requisiti predefiniti, pertanto la fase di valutazione ha l'obiettivo di prevedere la vita utile del componente verificando che esso sia ad un livello superiore ai minimi prestazionali consentiti.

Nell'effettuare tale operazione bisogna tener conto dei possibili insuccessi nel condurre l'indagine, in modo da stabilire l'affidabilità del metodo. I tre livelli di tale aspetto corrispondono a:

1. *nessun fallimento*: l'indagine è stata correttamente documentata;
2. *possibili fallimenti nascosti*: non esistono documenti sufficienti per stabilire fallimenti presenti o futuri;
3. *fallimento*: sono stati registrati fallimenti.

Il grado prestazionale dell'oggetto, dipende dalle conseguenze che il degrado sviluppa nei confronti di un certo aspetto funzionale. La suddivisione del livello di conseguenza si sviluppa su cinque gradi:

1. *grado 0*: nessuna conseguenza;
2. *grado 1*: piccole conseguenze;
3. *grado 2*: medie conseguenze;
4. *grado 3*: serie conseguenze;
5. *grado 4*: catastrofiche conseguenze.

Importante è valutare il rischio, che è la probabilità che una prestazione non accettabile si verifichi, i giudizi da attribuire sono basso, medio e alto.

La fase conclusiva di un'indagine prestazionale è quella della *documentazione*, rappresenta tutte le scelte e le operazioni effettuate.

Definite tutte le fasi che compongono l'indagine su un sistema edilizio, è possibile distinguere i livelli che può essere condotta:

1. livello oggettuale;
2. livello di rete.

Il primo riferito ad una generica indagine prestazionale su uno specifico oggetto. Il secondo invece riferito ad un'indagine condotta su un insieme di oggetti, sottoposti al controllo di una persona o ente caratterizzati da condizioni differenti.

### **3.10 ISO15686-8:2008 “REFERENCE SERVICE LIFE AND SERVICE-LIFE ESTIMATION”**

L'individuazione della vita utile di riferimento di un componente edilizio avviene tramite la ricerca di una serie di informazioni, raccolte in banche dati, sviluppando una conoscenza sempre più approfondita dei problemi di degrado e permettendo stime sempre più affidabili. Lo strumento delle banche dati deve essere un supporto utilizzabile con facilità dagli utenti interessati e deve recepire aggiornamenti migliorativi.

La maggior parte dei dati riguardanti la durabilità in edilizia sono forniti da studi sperimentali oppure da produttori di materiali e componenti edilizi. Fonti alternative a queste possono essere codici di costruzione nazionale, esperienze professionali, pubblicazioni di valutazione, ecc..

La creazione della banca dati permette la determinazione della vita utile di riferimento e dei fattori correttivi necessari all'applicazione del metodo fattoriale. Lo schema logico per la valutazione della vita utile dei componenti si avvale di diversi metodi per l'indagine:

- a. test di esposizione in campo;
- b. ispezione di edifici esistenti;
- c. test di esposizione su edifici sperimentali;
- d. test di esposizioni in uso;
- e. test accelerati di esposizione di breve termine;
- f. test di esposizione in uso di breve termine;
- g. giudizi basati sull'esperienza nel campo;
- h. studi di ricerca.

La qualità dei dati e l'affidabilità delle valutazioni sulla durabilità, dipendono dal tipo di fonte dal quale sono stati estratti.

La stima della vita utile ESL calcolata secondo il metodo fattoriale dipende dalla vita utile di riferimento RSL e dai fattori correttivi dalla classe A fino a quella G, tale applicazione si avvale di diversi livelli di approfondimento basati sulla complessità dell'approccio matematico utilizzato.

Il livello più semplice è quello di tipo check-list, in cui i fattori correttivi tengono conto delle varie condizioni di degrado di un componente e vengono valutati uno per volta attraverso un processo definito step-by-step. Il risultato è la stima di una vita utile compresa in un intervallo di variazione.

Il livello successivo è quello di tipo moltiplicativo, permette la considerazione simultanea di tutti i fattori correttivi. Per avere stime affidabili è corretto assegnare ai fattori valori compresi tra 0.8 e 1.2 evitando così interpretazioni troppo distanti dalle condizioni di riferimento.

Nel livello di funzione la vita utile viene sempre calcolata come prodotto, ma la vita utile di riferimento è una funzione che tiene conto di tutti i fattori corretti, calcolati a seconda della loro influenza, ed ogni classe di questi può essere divisa in più valori, ciascuno dei quali rappresentativo di un fenomeno di degrado.

Un ultimo livello di applicazione del metodo è quello basato sulla determinazione probabilistica dei fattori, ognuno dei quali analizzato secondo una distribuzione statistica differente e quindi rappresentato da una funzione probabilistica. Tale approccio risolve problemi di inaffidabilità del metodo fattoriale ma è quello che richiede una maggiore conoscenza delle banche dati.

L'assunzione dei fattori correttivi come variabili stocastiche, applicate ad uno schema logico di tipo deterministico, permette l'utilizzo di entrambi gli approcci matematici, permettendo lo sviluppo di un metodo denominato "ingegneristico". Il metodo di calcolo della vita utile può essere implementato con uno dei livelli precedentemente descritti.

### **3.11 ISO 15686-9:2008 “GUIDANCE ON ASSESSMENT OF SERVICE-LIFE DATA”**

Vi è la necessità di fornire un livello minimo per le operazioni di valutazione e dichiarazione dei dati sulla vita utile in edilizia. Le specifiche minime dalle quali non è possibile prescindere sono quelle dettate dalla ISO 15686 e quelle che saranno in futuro pubblicate sotto forma di Norma Internazionale, Specificazioni Pubblicamente Disponibili o Specificazione Tecnica.

I produttori dei materiali e dei componenti edilizi devono rispettare le indicazioni minime delle norme ma non deve essere un ostacolo per lo sviluppo e la diffusione dei prodotti.

In particolare l’approvvigionamento dei dati sulla vita utile si basa sull’individuazione dei seguenti punti fondamentali:

1. materiali/componenti;
2. metodologia;
3. condizione d’uso di riferimento;
4. proprietà critiche e requisiti prestazionali;
5. vita utile di riferimento.

## CAPITOLO 4

### LA NORMATIVA NAZIONALE

#### 4.1 L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA COGENTE

La durabilità è un concetto di recente introduzione nel panorama normativo nazionale. Viene infatti presentata solo negli anni '80, ma, come evidenziato in seguito, preservando la discrezionalità del progettista.

A riguardo il D.M. del 26/03/1980 recitava al p.to 2.1.8: *al fine di garantire la durabilità del conglomerato in ambiente aggressivo è necessario prescrivere, in funzione della granulometria o del rapporto acqua-cemento, un dosaggio minimo di cemento*; così poi il D.M. del 27/07/1985 al p.to 2.18: *al fine di garantire la durabilità del conglomerato, particolarmente in ambiente aggressivo, così come in presenza di cicli di gelo e disgelo, è necessario studiarne adeguatamente la composizione*; infine il D.M. del 14/02/1992 ribadiva quanto già riportato dal D.M. del 27/07/1985.

Solo con l'entrata in vigore del D.M. del 09/01/1996 si dava al progettista un riferimento normativo, così che al testo del precedente D.M. si provvedeva ad aggiungere il seguente capoverso: *Si potrà anche far riferimento alla norma UNI 9858:1991.*

In una definizione data dal comitato misto delle due associazioni internazionali FIP (Federation Internationale de la Precontrainte) e CEB (Comité Eurointernational du Béton), la *durabilità di una struttura* viene espressa come *attitudine di un'opera a sopportare attacchi di agenti aggressivi di diversa natura mantenendo inalterate le caratteristiche meccaniche e funzionali.*

È bene sottolineare che la durabilità del materiale è condizione necessaria ma non sufficiente a garantire la durabilità della struttura.

#### 4.2 IL D.M. 14/01/2008 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI INTEGRATO CON LA C.M. 617/2009 "ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"

Il D.M. 14/01/2008 è il primo provvedimento normativo che in modo più approfondito tratta il tema della durabilità dei materiali strutturali e quindi dell'intera struttura.

Innanzitutto viene data una definizione di *durabilità* al p.to 2.1: *La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà*

essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione.

Altro aspetto estremamente innovativo è l'introduzione della cosiddetta *vita nominale*  $V_N$  che al p.to 2.4.1 si definisce così: *La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella figura 4.1 e deve essere precisata nei documenti di progetto.*

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Figura 4-1**

La grande innovazione de

l concetto risiede nell'ammissione, per la prima volta, che l'edificio, e nella fattispecie la struttura, non ha una vita illimitata; ciò infatti era completamente estraneo alla cultura edilizia fino a qualche decennio fa.

Alla definizione appena riportata si accompagna quella della Circolare esplicativa, che al p.to C2.4.1 afferma: *La Vita nominale  $V_N$  di una costruzione è la durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle eventuali applicazioni e misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità.*

*Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione.*

<sup>1</sup> Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

*L'effettiva durata della costruzione non è valutabile in sede progettuale, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista. Di fatto, la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto ed ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una durata effettiva molto maggiore della vita nominale quantificata nelle NTC.*

Un altro tassello fondamentale in tale quadro normativo è rappresentato dall'obbligo di allegare al progetto strutturale esecutivo il “piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera”. Così al p.to 4.2.10: *La durabilità deve assicurare il mantenimento nel tempo della geometria e delle caratteristiche dei materiali della struttura, affinché questa conservi inalterate funzionalità, aspetto estetico e resistenza.*

*Al fine di garantire tale persistenza in fase di progetto devono essere presi in esame i dettagli costruttivi, l'eventuale necessità di adottare sovra spessori, le misure protettive e deve essere definito un piano di manutenzione (ispezioni, operazioni manutentive e programma di attuazione delle stesse).*

Ancora al p.to 4.4.13: *In relazione alla classe di servizio della struttura e alle condizioni di carico, dovrà essere predisposto in sede progettuale un programma delle operazioni di manutenzione e di controllo da effettuarsi durante l'esercizio della struttura.*

Il Piano di Manutenzione, introdotto dal nuovo corpo normativo sui Lavori Pubblici, è infatti, ai sensi dell'art. 35 del D.P.R. 554/1999, un elaborato obbligatorio del progetto esecutivo. Nell'art. 40 dello stesso provvedimento si afferma, tra l'altro, che il piano di manutenzione deve essere redatto tenendo conto dell'opera effettivamente realizzata allo scopo di garantire nel tempo il mantenimento delle caratteristiche di qualità e di efficienza; affinché tali caratteristiche possano essere stimate e garantite, la normativa richiede che vengano individuati i requisiti e le prestazioni del manufatto in corso di progettazione.

Il progettista deve farsi carico, per tutte le opere pubbliche e private, di redigere questo ulteriore elaborato che definisce come “il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.”

Esso va corredato, in ogni caso, del manuale d'uso, del manuale di manutenzione e del programma di manutenzione delle strutture. Il piano di manutenzione delle strutture va depositato, unitamente agli altri elaborati progettuali, presso gli uffici del Genio Civile competenti per territorio.

Il Piano di manutenzione deve essere costituito dai tre seguenti documenti operativi:

- a) *manuale d'uso;*
- b) *manuale di manutenzione;*



c) *programma di manutenzione.*

#### Manuale d'uso

Il primo documento, che si rivolge ai fruitori del bene, deve contenere le *informazioni relative all'uso corretto* “delle parti più importanti del bene”.

Lo scopo del manuale d'uso è evitare danni derivanti da un'utilizzazione impropria e far conoscere all'utente le operazioni atte alla conservazione del bene che, non richiedendo conoscenze specialistiche, egli stesso potrà effettuare.

La normativa parla di “parti più importanti del bene”, indicando di fatto che il progettista, in questa fase di redazione dell'elaborato, deve “scomporre” l'opera; il concetto di “parte del bene” viene più volte ripreso e chiarito, quando vengono definiti il manuale di manutenzione ed i suoi contenuti.

#### Manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione deve fornire “in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le *indicazioni necessarie per la corretta manutenzione* nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio” (art. 40 c. 5 del D.P.R. 554/1999).

Le parti più importanti del bene sono, dunque, le unità tecnologiche; questa definizione è ripresa da normative UNI inerenti alla manutenzione delle opere edili, alle quali il legislatore fa più volte riferimento.

Tra i contenuti del manuale di manutenzione (che rispetto al manuale d'uso ha carattere più tecnico essendo rivolto principalmente ad operatori specializzati), individuati al comma 6 dell'art. 40 (D.P.R. 554/1999) troviamo “il livello minimo delle prestazioni”.

Un ulteriore aspetto del manuale di manutenzione che vale la pena di sottolineare è la richiesta (lettere e) f) g) del comma 6 dell'art. 40) al progettista di individuare le anomalie riscontrabili e di distinguere le manutenzioni eseguibili dall'utente da quelle eseguibili da personale specializzato.

L'individuazione delle anomalie deve essere relativa a ciascun “elemento manutenibile” al fine di consentire al tecnico di prescrivere anche cicli di controlli volti a rilevare l'eventuale insorgenza di tali anomalie.

#### Programma di manutenzione

Il terzo ed ultimo documento del piano di manutenzione è il programma di manutenzione. Il legislatore ci informa circa l'organizzazione del programma di manutenzione, che dovrà essere articolato secondo *tre distinti sottoprogrammi*:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni;
- b) il sottoprogramma dei controlli;
- c) il sottoprogramma degli interventi.

Il sottoprogramma delle prestazioni, infatti, “prende in esame, per classi di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita.”

Per il progettista c'è dunque l'obbligo di individuare per ogni parte dell'opera e per ogni suo componente (che con terminologia ripresa dalle norme UNI abbiamo precedentemente indicato come “elemento manutenibile”) requisiti e relative prestazioni; l'introduzione del concetto di requisito e di prestazione costituisce, per il professionista tecnico, l'elemento di maggiore innovazione della normativa.

Da ultimo, nei sottoprogrammi dei controlli e degli interventi, il progettista è chiamato a definire un programma di controlli, verifiche ed interventi (indicandone la cadenza temporale o “altrimenti prevista”).

In particolare nel sottoprogramma dei controlli, il progettista dovrà indicare i valori estremi delle prestazioni: quello di collaudo e quello minimo (di norma o da lui stimato).

Altra novità interessante rappresentano le prescrizioni da seguire soprattutto nella definizione dei *particolari costruttivi*, che non solo devono essere progettati ed eseguiti in funzione di esigenze meramente strutturali, ma anche relativamente a requisiti di durabilità che comunque si riflettono in un miglioramento del comportamento strutturale degli stessi particolari. Ancora indicazioni sono date sulla *qualità dei materiali*. Infatti al p.to 11.2.11 del D.M. in oggetto si recita: *Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. A tal fine in fase di progetto la prescrizione, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione.*

*Ai fini della valutazione della durabilità, nella formulazione delle prescrizioni sul calcestruzzo, si potranno prescrivere anche prove per la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi, ad esempio si può tener conto del grado di impermeabilità del calcestruzzo. A tal fine può essere determinato il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm.*

*Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-8:2002.*

*Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edita dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004. Queste ultime norme UNI hanno sostituito le UNI 9858.*

*Inoltre al p.to 11.7.9.1: La durabilità delle opere realizzate con prodotti in legno strutturali è ottenibile mediante un'accurata progettazione dei dettagli esecutivi.*

*Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:*

- la destinazione d'uso della struttura;*
- le condizioni ambientali prevedibili;*
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;*
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;*
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;*
- le particolari misure di protezione;*
- la probabile manutenzione durante la vita presunta;*

*adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.*

*Continuando col p.to 11.7.9.2: Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato.*

*Infine al p.to 11.7.9.3: I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.*

*L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.*

*Passando alle indicazioni della Circolare esplicativa al p.to C4.4.13: La durabilità delle strutture lignee deve essere sempre assicurata, prevedendo in sede di progetto adeguati particolari costruttivi ed opportuni accorgimenti di protezione dagli agenti atmosferici e dagli attacchi biologici di funghi e/o insetti xilofagi, ed utilizzando le specie legnose più idonee per durabilità naturale o per possibilità di impregnazione, in relazione alle condizioni ambientali di esercizio.*

*E' possibile anche prevedere elementi sacrificali da sostituire periodicamente secondo il piano di manutenzione da allegare al progetto, che comprende comunque tutte le altre operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria da mettere in atto durante la vita utile della struttura.*

*I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.*

## 4.3 LA NORMATIVA VOLONTARIA: UNI 11156

### 4.3.1 Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI

UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione - è un'associazione privata senza fine di lucro fondata nel 1921 e riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea, che studia, elabora, approva e pubblica le norme tecniche volontarie - le cosiddette "norme UNI" - in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (tranne in quelli elettrico ed elettrotecnico). I soci UNI sono imprese, professionisti, associazioni, enti pubblici, centri di ricerca e istituti scolastici.

UNI rappresenta l'Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO).

Scopo dell'Ente è l'elaborazione di norme tecniche che contribuiscano al miglioramento dell'efficienza e dell'efficacia del sistema economico-sociale italiano e che siano strumenti di supporto all'innovazione tecnologica, alla competitività, alla promozione del commercio, alla protezione dei consumatori, alla tutela dell'ambiente, alla qualità dei prodotti e dei processi. Le norme UNI sono documenti che definiscono lo stato dell'arte di prodotti, processi e servizi, specificano cioè "come fare bene le cose" garantendo sicurezza, rispetto per l'ambiente e prestazioni certe.

Sono documenti elaborati consensualmente dai rappresentanti di tutte le parti interessate mediante un processo di autoregolamentazione trasparente e democratico, e - pur essendo di applicazione volontaria - forniscono agli operatori riferimenti certi, anche di rilevanza contrattuale.

Le norme tecniche, quindi, sono soluzioni: sono un capitale di conoscenza di valore inestimabile, a disposizione dei professionisti e delle imprese di ogni dimensione, per ottenere forniture di qualità, contenere i costi, rendere più efficiente la propria organizzazione. E ancora, migliorare ed innovare i prodotti, avere un rapporto contrattuale chiaro con i fornitori e i clienti.

L'attività di normazione viene svolta a livello nazionale da una struttura multilivello composta da circa 1.200 organi tecnici (commissioni, sottocommissioni, gruppi di lavoro) e da alcune organizzazioni esterne indipendenti (gli Enti Federati), sotto la supervisione e secondo le direttive della Commissione Centrale Tecnica.

UNI è presente con rappresentanti di elevata competenza in numerosissimi organi tecnici CEN e ISO, e detiene la segreteria e/o la presidenza di oltre 200 di essi in settori di importanza strategica per il *Made in Italy*, a tutela della posizione di leadership tecnica nazionale. Gli organi tecnici sono composti da decine di migliaia di esperti in Italia e nel mondo, che sono i

rappresentanti di coloro i quali utilizzeranno le norme e/o beneficeranno degli effetti: produttori, utilizzatori, professionisti, commercianti, Pubblica Amministrazione e consumatori.

La natura di organizzazione aperta e *super partes* è confermata – oltre che dall’ampia e variegata rappresentanza negli organi tecnici - dalla composizione degli organi direttivi: nel Consiglio Direttivo sono presenti di diritto i rappresentanti di tutti i ministeri interessati all’attività di normazione, i rappresentanti del CNR e delle Ferrovie dello Stato, i rappresentanti della Commissione Centrale Tecnica, il Presidente del Comitato Elettrotecnico Italiano, i Presidenti degli Enti Federati, i rappresentanti dei Soci che sostengono la normazione in modo particolarmente significativo (attualmente Confindustria e INAIL) e la componente elettiva.

In sinergia con il core business, l’Ente opera nel campo editoriale pubblicando - oltre alle norme stesse - raccolte, banche dati e manuali; organizza corsi di formazione - a catalogo e “su misura” - sulle novità normative e legislative per tecnici, manager, imprenditori e professionisti. Inoltre - limitatamente alla certificazione di prodotto - affida la gestione del marchio di conformità UNI ad alcuni organismi di certificazione accreditati e coordina le attività nazionali di autorizzazione all’uso del marchio europeo Keymark.

Secondo la Direttiva Europea 98/34/CE del 22 giugno 1998: *“norma” è la specifica tecnica approvata da un organismo riconosciuto a svolgere attività normativa per applicazione ripetuta o continua, la cui osservanza non sia obbligatoria e che appartenga ad una delle seguenti categorie:*

- *norma internazionale (ISO)*
- *norma europea (EN)*
- *norma nazionale (UNI).*

Le norme, quindi, sono documenti che definiscono le caratteristiche (dimensionali, prestazionali, ambientali, di qualità, di sicurezza, di organizzazione ecc.) di un prodotto, processo o servizio, secondo lo stato dell’arte e sono il risultato del lavoro di decine di migliaia di esperti in Italia e nel mondo.

Le caratteristiche peculiari delle norme tecniche sono:

- *consensualità: deve essere approvata con il consenso di coloro che hanno partecipato ai lavori;*
- *democraticità: tutte le parti economico/sociali interessate possono partecipare ai lavori e, soprattutto, chiunque è messo in grado di formulare osservazioni nell’iter che precede l’approvazione finale;*
- *trasparenza: UNI segnala le tappe fondamentali dell’iter di approvazione di un progetto di norma, tenendo il progetto stesso a disposizione degli interessati;*
- *volontarietà: le norme sono un riferimento che le parti interessate si impongono spontaneamente.*

Semplificando numerosi passaggi, l'iter che porta alla nascita di una norma si articola in diverse fasi: la messa allo studio, la stesura del documento, l'inchiesta pubblica, l'approvazione da parte della Commissione Centrale Tecnica e la pubblicazione.

I rappresentanti delle parti economico/sociali interessate possono prendere attivamente parte all'iter di elaborazione di una norma, partecipando ai lavori dello specifico organo tecnico (gruppo di lavoro, sottocommissione o commissione tecnica) o limitandosi ad inviare all'ente di normazione i propri commenti in fase di inchiesta pubblica.



### Messa allo studio

La fase di messa allo studio prende il suo avvio in seguito alla richiesta – proveniente dal mercato, dalle istituzioni, dai consumatori o dagli stessi organi tecnici UNI – di avviare un nuovo lavoro normativo poiché vi è l'esigenza di un riferimento ufficiale che offra agli operatori una regolamentazione certa e condivisa.

Ciò però non significa che le norme vengano scritte per le esigenze di singole aziende o che per avviare l'iter di normazione sia sufficiente farne richiesta: l'attività normativa non asseconda l'andamento puramente spontaneo del mercato né risponde ad una logica di cartello, infatti gli organi preposti dell'ente di normazione elaborano uno studio di fattibilità e solo se il risultato è positivo si procede all'assegnazione dei lavori all'organo tecnico competente, eventualmente anche creandone uno del tutto nuovo.

Questa fase iniziale è di importanza strategica e deve prendere in esame i benefici che potrebbero derivare dall'esistenza sul mercato della nuova norma, le condizioni economiche, sociali o politiche del suo inserimento nel mercato, al fine di rintracciare con precisione le parti interessate da convocare; le competenze da chiamare in causa per l'attività di ricerca e, ancora, le risorse necessarie per tutta l'attività richiesta, senza dimenticare le probabili criticità che si potrebbero incontrare, la legislazione da integrare (e in ogni caso da osservare) o le specifiche tecniche esistenti a tutti i livelli alle quali correlare l'attività che sta per essere avviata.

### Stesura del progetto

La stesura del progetto di norma avviene nell'ambito dell'organo tecnico competente sull'argomento, strutturato in gruppi di lavoro costituiti da esperti che rappresentano le parti economiche e sociali interessate (produttori, utilizzatori, commercianti, centri di ricerca, consumatori, pubblica amministrazione...).

L'ente di normazione svolge una funzione di coordinamento dei lavori, mettendo a disposizione la propria struttura organizzativa e garantendo che vengano rispettate le regole della normazione (consensualità, democraticità e trasparenza) svolgendo un ruolo *super partes*, mentre i contenuti delle norme vengono definiti dagli esperti esterni. La messa a punto dei progetti avviene tramite un processo di autoregolamentazione che ha maggiore valore tanto più gli interessi del sistema socio/economico sono rappresentati nella discussione, e tanto più ci si avvale delle esperienze maturate, dei risultati di prove sperimentali, etc... La rappresentatività delle parti interessate è uno degli aspetti qualificanti dell'attività di normazione e insieme rappresenta anche una "garanzia" della sua efficacia.

La discussione della bozza di norma, messa a punto tramite il lavoro a distanza su internet (con il sistema UNIONE) e con apposite riunioni, ha come obiettivo l'approvazione consensuale della struttura e dei contenuti tecnici del progetto di norma.

### Inchiesta pubblica

Terminata la fase di redazione del progetto di norma, il documento approvato dalla commissione tecnica competente viene reso liberamente disponibile al mercato al fine di raccogliere commenti ed ottenere il più ampio consenso: tutte le parti economico/sociali interessate, in particolare coloro che non hanno potuto partecipare alla prima fase della discussione, possono così contribuire al processo normativo. Si tratta di una vera e propria prova di credibilità, che garantisce la piena partecipazione al processo normativo da parte di tutti e di ciascuno, contribuendo così compiutamente alla realizzazione del consenso.

I progetti nazionali e quelli europei sono accessibili dalle specifiche sezioni del sito UNI. Nel momento in cui si giunge ad una versione consolidata del progetto di norma, confermata dall'inchiesta pubblica o integrata con le osservazioni raccolte e valutate positivamente, il documento viene sottoposto ad approvazione secondo quanto previsto dalle procedure (approvazione della Commissione Centrale Tecnica).

Ma il momento più delicato nel processo che porta alla nascita di una norma è certamente quello del voto e tranne che nei casi - invero non rari - di unanimità, è necessario definire il "consenso" necessario per procedere. La norma UNI CEI EN 45020:2007 lo definisce come un *accordo generale, caratterizzato da assenza di una ferma opposizione contro elementi essenziali*

*dell'argomento in esame, espressa da qualsiasi componente, significativa degli interessi in gioco, e da un processo che implichi tentativi volti a tener conto dei punti di vista di tutte le parti coinvolte e conciliare qualsiasi parere contrastante.*

#### Pubblicazione

Infine, la pubblicazione e l'inserimento a catalogo (con la conseguente entrata in vigore e disponibilità) avviene in seguito alla ratifica da parte del Presidente. Solo i documenti che abbiano seguito l'iter sopra descritto nel rispetto delle procedure previste sono "norme UNI".

Le Commissioni Tecniche, che partecipano alla realizzazione delle specifiche, operano simultaneamente nell'attività dell'UNI e in quella degli Enti Federati dell'ISO e del CEN, per i quali sono chiamati ad effettuare le valutazioni sulle norme, oppure, qualora il Paese al quale appartengono sia nominato per lo sviluppo di un argomento normativo, svolgono in proprio l'attività di stesura della norma.

### **4.4 UNI 11156 - VALUTAZIONE DELLA DURABILITÀ DEI COMPONENTI EDILIZI**

Lo sviluppo delle problematiche legate alla durabilità in edilizia sono state recepite dall'UNI, il quale ha stabilito dei principi generali per la crescita della disciplina e la sua diffusione nell'ambito professionale. Tali specificazioni sono raccolte nella norma UNI 11156:2006, prodotta sulla falsariga della norma internazionale ISO 15686:2000. Tale norma risulta suddivisa nelle seguenti parti:

1. UNI 11156-1:2006 : Terminologia e definizione dei parametri di valutazione;
2. UNI 11156-2:2006 : Metodo per la valutazione della propensione all'affidabilità;
3. UNI 11156-3:2006 : Metodo per la valutazione della durata (vita utile).

#### **4.4.1 UNI 11156-1:2006 “Terminologia e definizione dei parametri di valutazione”**

La norma unifica le definizioni dei termini e dei parametri per la valutazione della durabilità dei componenti edilizi nel settore dell'edilizia per l'elaborazione normativa e per le attività di programmazione degli interventi edilizi di nuova costruzione, in particolare per la predisposizione dei contenuti delle varie fasi di progettazione, per la redazione dei capitolati, degli elaborati progettuali e delle relazioni tecniche di accompagnamento e nelle fasi di verifica e di controllo del progetto.



Il primo approccio nei confronti della questione della durabilità dei componenti edilizi è fornito mediante l'individuazione di una rassegna di termini e di parametri di maggior utilizzo. Tale rassegna ha l'obiettivo di definire termini e parametri, per poter disporre di un linguaggio comune chiaro e preciso nella definizione dei progetti, nella redazione dei capitolati, degli elaborati progettuali e delle relazioni tecniche di accompagnamento, e nelle fasi di verifica e di controllo del progetto.

La norma si applica a tutte le destinazioni edilizie, ed è quindi utile per comprendere e per applicare tutti gli standard e le disposizioni relative al delicato tema della durabilità. L'UNI sottolinea che *“la valutazione di durabilità dei componenti edilizi rappresenta una fase necessaria per la valutazione della durabilità degli edifici nelle fasi di progettazione, per la programmazione gestionale dell'intervento, per la valutazione dei costi relativi al Ciclo di vita, consentendo un'ottimizzazione delle scelte progettuali dal punto di vista della sostenibilità dell'intervento”*.

#### **4.4.1.1 Termini e definizioni**

*Durabilità*: Capacità di un edificio o delle sue parti, di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio.

*Durabilità di un prodotto*: Per durabilità di un prodotto per l'edilizia si intende la capacità di un prodotto di mantenere i livelli delle prestazioni e delle caratteristiche funzionali richieste nel tempo, sotto l'influenza di azioni prevedibili.

*Qualità utile*: Insieme delle caratteristiche degli elementi tecnici di un organismo edilizio articolate per requisiti di durabilità.

*Requisito di durabilità*: Traduzione di un requisito tecnologico nelle caratteristiche (funzionali alla) di durata e (alla sua) di affidabilità che connotano un elemento tecnico per il soddisfacimento del requisito stesso.

#### **4.4.1.2 Parametri per la valutazione della durabilità**

I sub sistemi tecnologici e gli elementi tecnici devono resistere per un tempo definito, senza subire danni tali da compromettere le prestazioni caratteristiche, alle sollecitazioni indotte dai vari agenti sollecitanti.

La propensione prestazionale del componente corrispondente al requisito di durabilità può dedursi dalla conoscenza della durata o vita utile del componente accompagnata dall'affidabilità del componente stesso.

I parametri utilizzati nella valutazione della durabilità sono i seguenti:

*Vita utile (Service life)*: Periodo di tempo dopo l'installazione durante il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione.

*Durata spontanea*: La durata spontanea del componente è il periodo di tempo durante il quale le prestazioni del componente si mantengono entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, sotto la sola influenza degli agenti sollecitanti.

*Vita utile di riferimento (Reference service life)*: Vita utile dell'edificio o delle sue parti prevista in definite condizioni d'uso di riferimento.

*Vita utile stimata (Estimated service life)*: Vita utile, dell'edificio o delle sue parti, prevista in definite condizioni d'uso, calcolata correggendo le condizioni di riferimento in funzione di materiali, progetto, ambiente, condizioni d'uso e manutenzione.

*Vita utile di progetto (Design life)*: vita utile definita nella fase di progettazione.

*Affidabilità*: Con affidabilità di un elemento tecnico (o di un sistema di elementi) si intende la probabilità che il sistema o l'elemento funzioni senza guastarsi ad un livello predisposto, per un certo tempo  $t$  e in predeterminate condizioni ambientali. La probabilità dell'oggetto edilizio (elemento tecnico, sub sistema tecnologico) di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la propria qualità secondo definite condizioni d'uso.

#### **4.4.2 UNI 11156-2:2006 “Metodo per la valutazione della propensione all'affidabilità”**

La norma definisce il metodo di valutazione della propensione all'affidabilità dei componenti edilizi nel settore dell'edilizia per l'elaborazione normativa e per le attività di programmazione e di progettazione degli interventi edilizi di nuova costruzione, in particolare per la predisposizione dei contenuti delle varie fasi di progettazione, per la redazione dei capitolati, degli elaborati progettuali e delle relazioni tecniche di accompagnamento e nelle fasi di verifica e di controllo del progetto.

Il metodo di valutazione della propensione all'affidabilità proposto si applica agli elementi tecnici indipendentemente dalla loro messa a sistema, cioè da qualsiasi delle loro plausibili integrazioni in un sistema tecnologico-costruttivo specifico.

La norma definisce il metodo di valutazione della propensione all'affidabilità dei componenti edilizi nel settore dell'edilizia per l'elaborazione normativa e per le attività di programmazione e di progettazione degli interventi edilizi di nuova costruzione, in particolare per la predisposizione dei contenuti delle varie fasi di progettazione, per la redazione dei capitolati, degli elaborati progettuali e delle relazioni tecniche di accompagnamento e nelle fasi di verifica e di controllo del progetto.

Il metodo di valutazione della propensione all'affidabilità proposto si applica agli elementi tecnici indipendentemente dalla loro messa a sistema, cioè da qualsiasi delle loro plausibili integrazioni in un sistema tecnologico-costruttivo specifico.

Il metodo assume un ben precisato intorno di condizioni contestuali di riferimento, cioè di condizioni di stato sollecitante, necessario riferimento per conferire all'informazione che ne consegue un utilizzo per le scelte ottimizzanti le specifiche esigenze contestuali di un intervento edilizio sul territorio.

Si applicano i seguenti termini e definizioni:

*affidabilità*: la probabilità dell'oggetto edilizio (elemento tecnico, sub sistema tecnologico) di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la propria qualità secondo definite condizioni d'uso.

*elemento tecnico (componente edilizio)*: prodotto edilizio più o meno complesso capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come componente caratterizzante di un sub sistema tecnologico.

Il metodo presentato consente una valutazione previsionale di tipo qualitativo del secondo parametro del comportamento nel tempo di prodotti complessi per l'edilizia, cioè l'affidabilità, operata sul progetto stesso dei componenti, fuori sistema e in condizioni contestuali convenzionali di esercizio.

La valutazione dell'affidabilità così impostata assume il significato di una valutazione qualitativa della probabilità di non accadimento di guasto del componente edilizio nell'arco di tempo che va dal cosiddetto tempo zero al tempo di durata o tempo di vita utile spontanea del componente stesso in esercizio.

L'affidabilità può essere intesa come propensione di elementi tecnici espressa tramite valori numerici adimensionali, in scala 0-1 o tramite valori in percentuale in scala 0-100%. Il complemento a 1 (o a 100) del valore stimato di propensione all'affidabilità rappresenta il rischio di entrata in crisi dell'elemento durante la vita utile. Il che significa che bassi valori stimati di propensione all'affidabilità implicano elevato rischio che il componente si guasti prima di raggiungere il tempo di durata.

La valutazione della propensione all'affidabilità può essere effettuata secondo quattro chiavi di lettura:

1. affidabilità funzionale;
2. affidabilità esecutiva;
3. affidabilità inerente;
4. affidabilità critica.

La prima attiene al grado di equilibrio nella distribuzione delle funzioni insito nella soluzione metaprogettuale ed è rivolta ad evidenziare il grado di equilibrio nella distribuzione delle funzioni, attraverso l'esame del modello funzionale che presiede il progetto dell'elemento tecnico. Questo aspetto tiene conto dell'indice di intensità di affaticamento cui l'elemento si trova ad essere soggetto nella sua fase di esercizio.

La seconda attiene all'analisi oggettuale dell'elemento rivolta ad evidenziare il grado di prevedibile rispondenza dell'esecuzione dell'elemento alle intenzionalità di progetto. Detto grado di rispondenza esecutiva è insito nella soluzione progettuale ed è indice dell'imprecisione prevedibile nell'esecuzione, portatrice di rischi di cadute prestazionali nella fase di esercizio.

La terza attiene all'analisi del progetto rivolta ad evidenziare le potenziali variazioni dimensionali che si possono manifestare nell'esercizio dell'elemento a fronte del contesto sollecitante, in generale interessanti in misura diversa gli elementi funzionali costituenti l'elemento tecnico; le conseguenti non uniformi variazioni dimensionali tra i diversi elementi funzionali dell'elemento tecnico potrebbero comportare rischi di precoce perdita di integrità funzionale dell'elemento stesso.

La quarta attiene all'analisi del progetto rivolta ad evidenziare le eventuali incompatibilità chimico-fisiche che possono caratterizzare i diversi materiali costituenti l'elemento tecnico che si interfacciano tra loro. La presenza di incompatibilità di questo genere comporta rischi particolarmente critici per la conservazione nel tempo della struttura dell'elemento tecnico.

Il metodo per la valutazione della propensione all'affidabilità consiste nell'applicazione al modello funzionale e al modello oggettuale delle soluzioni tecniche, appartenenti a una data classe di elementi tecnici, di specifici criteri di giudizio secondo le quattro chiavi di lettura proposte. I singoli valori quantitativi che emergono da tali applicazioni costituiscono altrettanti indicatori significativi per l'espressione della propensione all'affidabilità.

Come già detto in precedenza, l'affidabilità viene espressa mediante l'attribuzione di un valore adimensionale nella scala che va da 0 a 1, o in termini percentuali da 0 a 100. Tali valori rappresentano i limiti ideali ai quali corrispondono il minimo e massimo grado di propensione all'affidabilità. Poiché questi non vengono mai raggiunti, la variazione dell'affidabilità  $A$  è compresa tra due valori limite,  $\delta_1$  e  $1 - \delta_2$ , pertanto possiamo scrivere:

$$\delta_1 \leq A \leq 1 - \delta_2$$

L'applicazione dei singoli criteri di giudizio, appartenenti a una data classe, porta alla formulazione di un indice adimensionale  $I_i$  è costituito dalla media di tutti i singoli indici  $I_i$  della classe, dove  $n$  è il numero dei criteri di giudizio della classe:

$$I_f = \frac{\sum_i I_i}{n}$$

Il valore della propensione all'affidabilità globale  $A_g$  è calcolato come media di tutti i valori di propensione alle affidabilità elementari:

$$A_g = \frac{A_f + A_e + A_i + A_c}{4}$$

I criteri di giudizio che sono qui proposti per la valutazione della propensione all'affidabilità, possono essere utilizzati anche come riferimento nella ricerca e nella diagnosi delle cause di guasto precoce dei componenti edilizi.

#### **4.4.3 UNI 11156-3:2006 “Metodo per la valutazione della durata (vita utile)”**

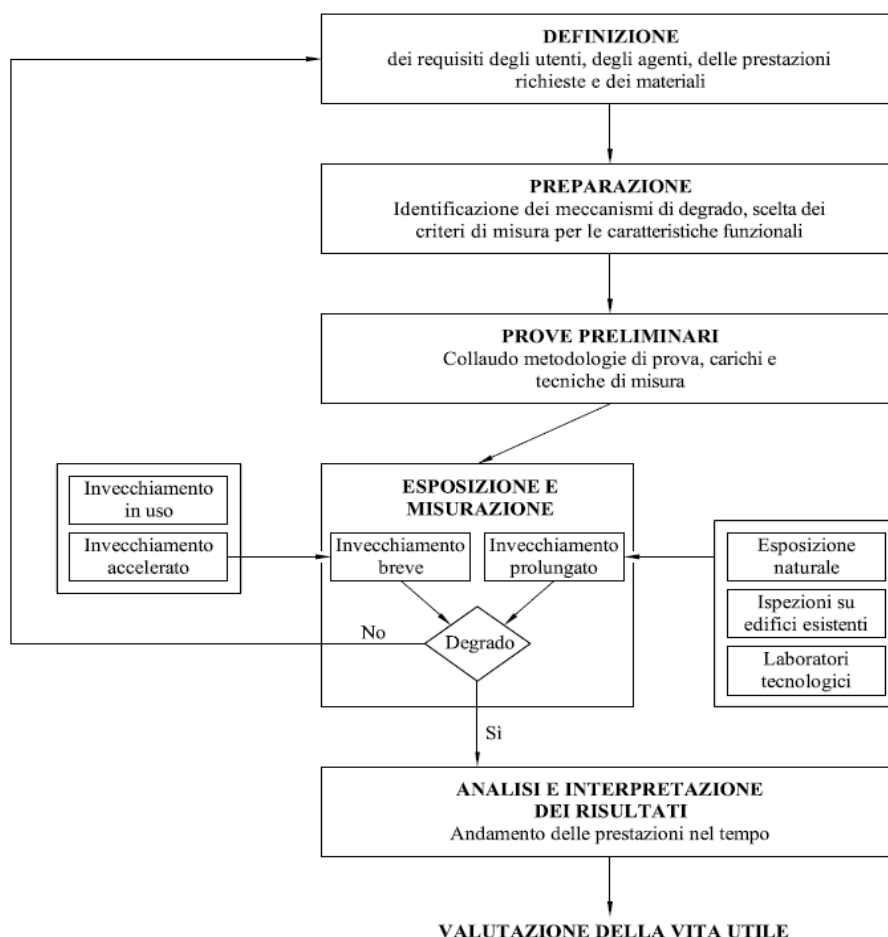
La presente parte della norma definisce il metodo di valutazione della vita utile dei componenti edilizi. Essa si divide in due livelli principali, corrispondenti alla definizione di una metodologia generale ed alla descrizione dei metodi di valutazione.

La metodologia individuata dalla norma è stata recepita dalla ISO 15686, che ha origine nel documento “Recommendation” del RILEM. Essa si propone come principio ordinatore dell'implementazione dei metodi per la valutazione della vita utile e come strumento di utilizzo diretto rivolto agli enti preposti al controllo della durabilità degli elementi tecnici, nelle fasi di produzione o per la certificazione della durabilità. Tali enti si possono identificare in laboratori di prove sperimentali, laboratori di controllo di qualità delle aziende produttrici, o comunque in qualsiasi struttura preposta alla ricerca di dati nel campo della durabilità in edilizia.

##### **4.4.3.1 Metodologia per la valutazione della vita utile di un elemento tecnico**

La metodologia proposta figura 4.2 si articola in più fasi fondamentali, in correlazione tra loro. Esse possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

1. definizione;
2. preparazione;
3. prove preliminari;
4. esposizione e misurazione;
5. analisi ed interpretazione dei risultati.



**Figura 4-2**

La prima fase della metodologia proposta riguarda la definizione dello studio e della caratterizzazione degli elementi tecnici. Il primo passo da compiersi è quello della scelta tra uno studio di carattere specifico o generale. Nel primo lo studio è teso a stimare la vita utile di riferimento, in determinate condizioni ambientali e d'utilizzo, mentre nel secondo l'obiettivo è valutare la vita utile in diverse condizioni ambientali e d'uso, sulla base di specificazioni prestazionali.

La caratterizzazione degli elementi tecnici avviene mediante la definizione delle caratteristiche funzionali. Per sviluppare una o più prestazioni, ognuno di questi deve possedere dei requisiti funzionali che lo identifichi nell'ambito del sistema edilizio.

La fase di preparazione si basa sull'individuazione a cascata degli agenti di degrado, dei meccanismi di degrado e delle cadute prestazionali.

Per l'individuazione dei più significativi agenti di degrado possiamo fare riferimento alla norma UNI 8290-3:1987, che li suddivide in climatici, chimici, artificiali esterni, biologici e in quelli legati all'uso.

Classificazione degli agenti di degrado	Esempi
Agenti climatici	Pioggia Neve Ghiaccio Grandine Vapore acqueo Vento Particelle Alte e basse temperature Cicli di temperatura Radiazione solare Radiazione termica
Agenti chimici	Co <sub>x</sub> , No <sub>x</sub> So <sub>x</sub> O <sub>x</sub> Acido solforico Acido carbonico Sali Solventi
Agenti artificiali esterni	Radiazione elettromagnetica (tutte tranne radiazioni solari e termiche) Stress meccanici discontinui
Agenti artificiali dovuti all'uso	Acqua di lavaggio Detergenti Stress meccanici continui
Agenti biologici	Animali (vertebrati, invertebrati, batteri) Vegetali

**Figura 4-3**

Determinate le condizioni ambientali ed utilizzo dell'elemento, bisogna individuare i meccanismi di degrado che possono gravare sulle prestazioni tecnologiche dell'elemento. La conoscenza di questi meccanismi si può sviluppare mediante delle prove in sito o in laboratorio oppure sfruttando al conoscenza scientifica relativamente a determinati fenomeni. Sulla base di fenomeni di rottura devono essere analizzati i decadimenti prestazionali. Essi vanno ravvisati in relazione alle caratteristiche funzionali e devono essere definiti i metodi di misura con i quali vengono misurate le prestazioni. In questa fase infatti, va sviluppato il programma preliminare di esposizione agli agenti, proprio per valutarne la caduta prestazionale sia degli elementi che delle parti che lo compongono. Dopo la definizione di questo studio e la scelta dei fattori che influenzano la sua vita, vi è la fase di collaudo del metodo che è quella delle prove preliminari. Tali prove si effettuano per verificare che l'esposizione degli elementi agli agenti di degrado porti a risultati sufficientemente vicini a quelli ipotizzati. Lo scopo principale di questa fase è di determinare la reale intensità dei reagenti ai quali vanno sottoposti gli elementi in esame, al fine di sviluppare una stretta corrispondenza tra le prestazioni reali e quelle valutate in seguito all'invecchiamento accelerato. Oltre a questo è

importante stabilire una gerarchia dei maggiori fattori di degrado ed isolare da questi quelli di scarsa importanza. Questa è la fase che ci permette un'elaborazione dei fenomeni riscontrati sugli elementi in certe condizioni ambientali ed uso. Poiché le caratteristiche funzionali e le condizioni ambientali sono variabili stocastiche, cioè valutate in termini di distribuzione statistica, le esposizioni all'invecchiamento devono essere realizzate in modo da fornire una continua campionatura, affinché le funzioni  $P = P(t)$  e  $C = C(t)$ , rappresentative delle prestazioni e delle caratteristiche funzionali, siano continue.

Le esposizioni all'invecchiamento possono essere a lungo termine e a breve termine.

Le esposizioni a lungo termine sono quelle in cui l'elemento è sottoposto al naturale processo di degrado della relativa condizione ambientale. Tali prove possono essere realizzate attraverso esposizioni all'esterno di campioni, ispezioni su più edifici esistenti dalle caratteristiche analoghe, sperimentazione su edifici innovativi e esposizione in condizione d'uso. E' importante sapere che non sempre l'esposizione alle reali condizioni ambientali e di utilizzo è una prova a lungo termine.

Le esposizioni a breve termine sono invece quelle attraverso le quali possiamo verificare in poco tempo lo sviluppo del degrado. Essi si realizzano mediante cicli di invecchiamento accelerato in laboratorio, oppure con esposizione all'esterno quando è possibile misurare in tempi brevi l'effetto del degrado, attraverso strumentazione ad elevata sensibilità. L'ultima fase del metodo di valutazione della vita utile di un elemento edilizio è quella di analisi ed interpretazione dei risultati conseguiti fino a questo punto. In seguito alle prove effettuate per determinare le prestazioni e le caratteristiche funzionali, vengono definiti il decadimento delle prestazioni nel tempo, o le funzioni di crescita del degrado. Pertanto, relativamente alle caratteristiche funzionali, può essere stabilito un limite temporale alle prestazioni che individuerà la vita utile dell'elemento. Se le condizioni di esposizione non corrispondono alle condizioni reali in cui l'elemento è utilizzato, bisogna ottenere nuove funzioni di decadimento prestazionale, interpolando i risultati con fattori correttivi.

#### **4.4.3.2 Metodi di previsione della vita utile stimata in condizione di progetto**

La metodologia proposta, come detto in precedenza è rivolta a quelle strutture che si occupano dell'approvvigionamento dei dati sulla vita prestazionale dei componenti edilizi. Pertanto essa, configurandosi come schema logico universale, può alimentare uno dei diversi approcci matematici che fanno da fondamento concettuale ai metodi di valutazione della durata di vita dei componenti edilizi. La norma suggerisce di condurre queste analisi

con uno di questi metodi:

- metodo fattoriale
- metodo stocastico



- metodo ingegneristico

Il *metodo fattoriale* deve il suo nome ai fattori correttivi che intervengono a modificare le condizioni di riferimento, al fine di ottenere una previsione di vita utile stimata. Le classi di fattore sono suddivise nelle seguenti categorie:

A = qualità del componente;

B = livello del progetto;

C = livello di esecuzione del lavoro;

D = ambiente interno;

E = ambiente esterno;

F = condizioni d'uso;

G = livello di manutenzione;

Agenti		Esempi di condizioni rilevanti	
Agenti legati alla qualità intrinseca del componente	A	Qualità del componente	Fabbricazione, stoccaggio, trasporto, ecc.
	B	Qualità di progettazione	Protezioni da altre parti dell'edificio
	C	Qualità di esecuzione	Qualità della manodopera, condizioni climatiche durante l'installazione
Ambiente	D	Ambiente interno	Aggressività dell'ambiente, ventilazione, condensazione
	E	Ambiente esterno	Altezza dell'edificio, micro-ambiente
Utilizzo	F	Condizioni d'uso	Impatti meccanici, tipologia di utenza, ecc.
	G	Livello di manutenzione	Qualità e frequenza della manutenzione, accessibilità, ecc.

**Figura 4-4**

Il *metodo stocastico* si basa sull'analisi statistica sia del contesto sollecitante, sia del comportamento dei materiali o dei componenti. La loro natura statistica comporta una grossa necessità di informazione di partenza e conduce allo sviluppo di una funzione prestazionale continua, nella quale è possibile individuare il livello di adempimento funzionale in ogni istante della vita.

Il *metodo ingegneristico* è caratterizzato da un grado di complessità paragonabile a quello affrontato dai progettisti nella pratica progettuale. Nella quasi totalità dei casi questi sono metodi frutto dello sviluppo probabilistico e deterministico e più precisamente sono l'evoluzione del metodo fattoriale.

#### 4.4.3.3 Analisi funzionale degli elementi tecnici

L'essenza dell'elemento tecnico è la definizione delle caratteristiche funzionali. Questa operazione si ottiene mediante l'analisi funzionale degli elementi tecnici. Lo sviluppo delle prestazioni tecnologiche da parte degli elementi tecnici si identifica con lo svolgimento di funzioni tecnologiche. Affinché l'elemento tecnico abbia significato nell'ambito dell'organismo edilizio deve rispondere fin dalla fase meta-progettuale a delle funzioni tecnologiche. A ciascuno di questi requisiti corrisponde una funzione base che è dunque, il ruolo posseduto dall'elemento o da parte di esso. La funzione viene svolta attraverso le caratteristiche proprie dei prodotti costituenti la soluzione e che costituiscono i vettori funzionali. La valutazione della qualità degli elementi edilizi è strettamente connessa con l'individuazione delle proprietà caratteristiche e la durabilità, è definibile come la capacità di mantenere invariato il grado di soddisfacimento dei requisiti. Il decadimento della soluzione tecnica è individuabile nella perdita dell'idoneità a svolgere delle funzioni, le quali al tempo zero ne caratterizzavano il funzionamento.

L'analisi funzionale si attua mediante lo sviluppo di un modello funzionale, che presiede alla fase meta-progettuale e di un modello oggettuale della fase progettuale. Il modello funzionale è costituito dalla serie di relazioni qualitative che intercorrono tra le parti che costituiscono la soluzione tecnica, mentre l'analisi oggettuale si basa sulle relazioni funzionali da un punto di vista quantitativo, cioè analizzando fisicamente gli elementi che concorrono allo svolgimento delle funzioni.

Le funzioni connotanti l'elemento tecnico sono costituite da una funzione dominante e da funzioni complementari che sinergicamente ne garantiscono lo svolgimento. Il modello funzionale ipotizza i "luoghi funzionali" ossia le modalità e la collocazione delle funzioni e quello oggettuale verifica la corrispondenza delle parti costituenti l'elemento alle mansioni assegnate.

Ogni funzione base individuata per una soluzione tecnica è divisibile in una serie di funzioni analitiche che esprimono la modellazione del comportamento degli elementi che le sviluppano. La conoscenza delle funzioni analitiche permette dunque di stabilire dei limiti di accettazione, i "limiti funzionali", cioè quei valori prestazionali estremi che garantiscono il funzionamento della soluzione.

#### 4.4.3.4 Metodo per la valutazione della durata sulla base di dati derivati dai edifici campione

Uno dei possibili sviluppi ingegneristici del metodo fattoriale è stato condotto dall'Università di Napoli Federico II ed il metodo frutto della ricerca, è stato proposto dall'Ente di Unificazione Italiana come una valida proposta metodologica, ponendolo in appendice alla UNI 11156-3:2006.

Il metodo si basa sulla possibilità di poter stimare la vita utile di un componente edilizio in qualsiasi contesto, valutando le condizioni specifiche del caso in oggetto come deviazione da un valore medio-normale determinato in precedenza in via sperimentale.

L'algoritmo di calcolo è simile a quello proposto dal metodo fattoriale, basandosi sul prodotto di un valore di riferimento, in questo caso la durata media-normale  $D_{mn}$ , per dei fattori correttivi che tengono conto della differenza delle condizioni rispetto al caso generale.

Il valore di vita utile medio-normale è determinato come la media statica dei valori rilevati dallo studio di una serie di edifici campione che abbiano caratteristiche analoghe, sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali, sia da quello dell'ambiente in cui essi si trovano.

Gli edifici da sottoporre a campionatura devono essere scelti secondo dei criteri che garantiscono:

1. qualità e quantità delle informazioni disponibili;
2. possibilità di effettuare attività di monitoraggio;
3. caratteristiche degli interventi eseguiti;
4. omogeneità dei fattori d'influenza.

Pertanto gli edifici analizzati, devono costituire un gruppo di oggetti aventi caratteristiche simili, ma allo stesso tempo accorpare un numero quanto più grande di contributi.

Altra fase di fondamentale importanza per il metodo è l'individuazione dei fattori che influenzano la vita utile ed il loro campo di variazione. Un importante presupposto alla loro determinazione è che il degrado di cui si tiene conto sia determinato soltanto dalla naturale e spontanea obsolescenza del componente e che sia escluso l'invecchiamento patologico. La determinazione dei fattori può avvenire secondo strade diverse: possono essere determinati in maniera sperimentale attraverso prove di osservazione del degrado, in maniera analitica, riferendosi alla letteratura scientifica, oppure possono essere desunti dalla normativa.

Una volta che siano note le condizioni di riferimento, attraverso il calcolo della durata media-normale, e i fattori di influenza, è possibile effettuare la valutazione della vita utile di un componente definita come *durata più probabile*  $D_{pp}$ . Tale operazione può avvenire secondo due alternative: un approccio indiretto ed un approccio diretto.

### Metodo indiretto

La relazione di calcolo della durata più probabile  $D_{pp}$  ottenuta correggendo il valore della durata medio-normale  $D_{mn}$ , con dei fattori  $F_i$ , che tengano conto della deviazione del caso in oggetto rispetto alle condizioni di riferimento, è la seguente:

$$D_{pp} = D_{mn} \cdot \prod_{i=1}^n F_i$$

Il metodo è definito in maniera propria come “indiretto” poiché la determinazione dei fattori correttivi avviene mediante l’assegnazione di punteggi  $P$  alle condizioni di variazione, i quali traducano in termini numerici la diversa influenza che i diversi fattori hanno sul componente. I punteggi sono inversamente proporzionali alla possibilità di indurre delle situazioni di degrado e sono coinvolti in maniera diretta nella determinazione finale dei fattori. L’assegnazione dei punteggi può avere natura diversa potendosi basare sull’esperienza, sui dati forniti dai produttori, dai fornitori e dagli operatori del settore, da indagini effettuate su edifici campione, oppure dalla letteratura scientifica. Attraverso l’elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi  $F_i$  da impiegare nella formula.

Inoltre, ogni gruppo costituito da  $n$  fattori ha un range  $\Delta F$  di valori possibili compresi tra un massimo e un minimo, questo range corrisponde al peso che il gruppo ha nei confronti della definizione della durata di  $D_{pp}$ .

All’interno di ogni range vi è il valore medio-normale a cui evidentemente corrisponde il coefficiente correttivo 1. Provocano diminuzione della durata, i valori compresi tra tale valore ed il minimo,  $< 1$ ; corrispondono a condizioni migliorative per la durata, quei valori compresi fra tale valore ed il massimo,  $> 1$ .

Dalla somma dei valori minimi di punteggio, di ogni set di condizione di variazione del gruppo di fattori considerato, si ha il *punteggio minimo complessivo*  $P_{min}$  cui corrisponde il limite inferiore del range  $\Delta F_i$  di variazione del coefficiente corrispondente al gruppo; analogamente dalla somma dei punteggi massimi si ha il *punteggio massimo complessivo*  $P_{max}$  cui corrisponde invece il limite superiore di  $\Delta F_i$ . La somma dei punteggi corrispondenti alle condizioni medio-normali fornisce invece il valore  $P_{mn}$  cui corrisponderà il valore 1 del coefficiente  $F$ .

Definiti :

$\Delta F_i$  come lo scarto che può assumere l’i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all’i-esimo gruppo di fattori d’influenza);

$P_{max}$  il valore massimo complessivo;

$P_{min}$  il valore minimo complessivo;

$P_{mn}$  il valore della condizione medio-normale;

Il coefficiente correttivo  $F_i$ , corrispondente al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza, compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  è così determinato:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

L'assegnazione di  $F_i$  per ciascun gruppo di fattori avvenire come riportato in figura 4-5.

Gruppo i				
Fattore 1		...	Fattore m	
Condizione	Punteggio		Condizione	Punteggio
Ci-11	Pi-11	...	Ci-m1	Pi-m1
Ci-12	Pi-12		Ci-m2	Pi-m2
Ci-13	Pi-13		Ci-m3	Pi-m3
...	...		...	...
Ci-1n	Pi-1n		Ci-mn	Pi-mn

**Figura 4-5**

### Metodo diretto

Questo approccio è così definito poiché non si avvale dell'assegnazione dei punteggi per la determinazione dei fattori correttivi, ma essi vengono valutati in maniera diretta. La relazione che rappresenta tale metodo è:

$$D_{pp} = D_{mn} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{F_i \cdot \lambda_i}{100} \right)$$

I fattori  $F_i$  rappresentano i coefficienti correttivi da associare ad ogni fattore da considerare mentre i  $\lambda_i$  rappresentano i pesi che definiscono l'influenza relativa di ogni fattore. Questa influenza è rappresentata in maniera percentuale, in modo che, la somma dei fattori sia uguale opportunamente a 100, al fine di stabilire una reale gerarchia di incisività.

Come per il metodo indiretto anche in questo caso, note le condizioni del contesto medio-normale, il primo passo da compiere è quello della individuazione dei fattori di influenza e delle loro condizioni di variazione. In tal caso la traduzione numerica della deviazione delle condizioni del

caso in oggetto rispetto a quelle di riferimento, è ancora più delicata, poiché non è filtrata da operazioni preliminari. Infatti l'assegnazione di un valore al fattore consente di applicarlo subito all'algoritmo di calcolo e quindi correggere la durata medio-normale.

Prima del calcolo della durata più probabile, vanno comunque determinate i pesi che i fattori hanno nella sua determinazione. Gli eventi che condizionano la durata di un determinato componente non agiscono con la stessa intensità, pertanto la loro influenza nel determinare il degrado va differenziata. Ciò dipende, oltre che dalla aggressività degli agenti di degrado, anche dalla risposta che i componenti e i materiali forniscono a certe sollecitazioni.

La definizione dei criteri che consentono di apprezzare le differenze del caso specifico rispetto alla condizione medio-normale può sorgere da fonti diverse, che possono alimentare in maniera sinergica lo strumento di valutazione. La traduzione numerica dei fattori di influenza può avvenire nei seguenti modi:

1. Attribuzione empirica dei valori mediante l'elaborazione statistica dei dati raccolti in indagini su casi-studio dalle caratteristiche analoghe a quelle prese in considerazione;
2. Attribuzione empirica dei valori basata sull'elaborazione dei dati frutto di ricerche sull'argomento, sfruttando le informazioni provenienti dagli addetti ai lavori (progettisti, produttori, costruttori e operatori) oppure le indicazioni normative o provenienti da altre fonti adeguate;
3. Calcolo sperimentale dei valori basato sullo sviluppo di prove sperimentali che consentano di riprodurre la deviazione del caso in oggetto rispetto al caso medio-normale, comunque determinato su base statistica.

La distinzione delle tre fonti che alimentano i dati per l'applicazione del metodo di valutazione non deve essere necessariamente effettuata, ma anzi è preferibile che l'approvvigionamento delle informazioni sia di natura varia. Ciascuna classe di influenza infatti, può trovare informazioni in un serbatoio diverso, o comunque uno di essi può garantire risultati più affidabili.

I pesi esprimono le percentuali che rappresentano lo scarto tra le diverse condizioni di variazione da cui può essere caratterizzato ogni fattore. L'assegnazione di questi valori può seguire lo stesso criterio scelto per la definizione del caso medio-normale, sfruttando i dati statistici e le osservazioni fatte su campioni dalle caratteristiche simili.

## CAPITOLO 5

### L'ATTIVITA' SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DEL CICLO DI VITA DEL COMPONENTE EDILIZIO INTONACO

#### 5.1 STRUTTURA DEL PERCORSO SPERIMENTALE

L'esigenza di svolgere un confronto sperimentale per la determinazione della vita utile del componente edilizio intonaco esterno è nata come appendice naturale a valle di una più generale ricerca sulla valutazione sulla durabilità dei componenti edilizi.

Sulla scorta degli orientamenti forniti dal dibattito internazionale nell'ambito della ricerca, le metodologie che ho deciso di utilizzare per l'ottenimento dei risultati necessari a poter condurre un confronto sperimentale tra le metodologie proposte dalle norme, rispetto a quanto osservato nel comportamento in esercizio di edifici reali sono:

- Il METODO FATTORIALE contenuto nella normativa mondiale ISO 15686.
- Il METODO CHE VALUTA LA DURATA SULLA BASE DI DATI RILEVATI DA EDIFICI CAMPIONE contenuto nella normativa nazionale UNI 11156<sup>1</sup>.

Il primo passo del percorso sperimentale che ho sviluppato è stato quello di reperire il valore di Vita Utile Reale (*Real Life Cycle*) attraverso lo studio del Libretto di Manutenzione dell'edificio oppure qualora non si disponesse di quest'ultimo, dallo studio dei dati forniti dall'Amministratore del Condominio dell'edificio. Per ogni edificio sarà desunta dalla Sezione Anagrafe del Libretto di Manutenzione del fabbricato, o laddove questo non sarà disponibile usufruendo dei dati a disposizione degli amministratori del condominio, la *real life cycle* ovvero la distanza temporale tra l'ultimo intervento di rifacimento dell'intonaco esterno fino al momento in cui si è manifestato il cosiddetto livello prestazionale *stato 4* (*fessurazioni e/o distacchi in atto che interessano zone limitate, <30%*).

L'intento è stato quello di calcolare la vita utile dell'intonaco per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato, in modo da ottenere la RLC<sup>2</sup> come valore minimo fra tutti i prospetti dell'edificio.

Il secondo passo del percorso sperimentale che ho sviluppato è stato quello di individuare tutti gli elementi che caratterizzano le due diverse metodologie al fine di poter calcolare la vita utile

---

<sup>1</sup> Tale metodo è un possibile sviluppo ingegneristico del metodo fattoriale, proposto dalla Università di Napoli Federico II in appendice alla UNI 11156-3:2006.

<sup>2</sup> Real Life Cycle, valore espresso in anni.

dell'intonaco, con la ISO 15686 e la UNI 11156 e di poter formulare giudizi di valore riferiti alla durata che meglio rappresenta il comportamento reale in servizio del componente.

Per fare ciò è stato necessario realizzare delle schede di rilievo<sup>3</sup> sugli edifici oggetto di studio.

I metodi di previsione del ciclo di vita del componente edilizio intonaco, secondo la norma ISO 15686 (METODO FATTORIALE) e la norma UNI 11156 (METODO CHE VALUTA LA DURATA SULLA BASE DI DATI RILEVATI DA EDIFICI CAMPIONE), li utilizzerò per confrontare sperimentalmente i risultati desunti con il comportamento effettivo registrato per il fabbricato, in particolare secondo i dettami della parte 7 della ISO.

La sperimentazione sarà condotta su edifici situati nel Comune di Napoli con struttura in muratura di tufo del 1800 e con struttura in cemento armato del dopoguerra e finiture con intonaco di malta ad esempio malta comune, malta cementizia o malta bastarda.

Nel dare un giudizio sulle condizioni di conservazione si utilizzano quattro diversi stati prestazionali che si evidenzieranno nei successivi paragrafi<sup>4</sup>.

Il terzo passo consiste nel confronto sperimentale dei risultati conseguiti con l'applicazione delle metodologie proposte dalle norme ed i valori di Real Life Cycle desunti.

La determinazione di ESLC (Estimated Service Life of a Component) proposta dalla norma ISO 15686 ha condotto ad un valore della vita utile dell'elemento intonaco, come anche quello della  $D_{pp}$  (Durata più probabile) proposto dalla norma UNI 11156. Tali risultati sono stati messi a confronto con il valore RLC (Real Life Cycle) dell'edificio, ottenendo un immediato raffronto fra i risultati pervenuti.

Essendo RLC un valore che si presenta come minimo per la durata dell'intonaco dell'edificio considerato, esso è stato confrontato con il minimo valore ottenuto da ESLC e  $D_{pp}$  di tutti i prospetti del fabbricato.

L'intento è quello di potersi rendere conto quale tra i due metodi comporta minori scostamenti rispetto al  $RLC_m$ .

Il quarto passo potrebbe essere quello dello sviluppo di azioni migliorative dei metodi utilizzati.

## **5.2 LA VITA UTILE DELL'INTONACO CON IL METODO FATTORIALE DELLO STANDARD ISO 15686**

Tale metodo consente una stima della vita utile del componente in condizioni specifiche quindi sulla base delle informazioni disponibili. E' basato su una correzione della vita utile di riferimento (normalmente la vita utile attesa in ben definite condizioni d'uso che si applicano a quel

---

<sup>3</sup> Nicoletta M., Affidabilità e durabilità degli elementi costruttivi in edilizia, Napoli, 1998, pag. 46.

<sup>4</sup> A tal proposito vedere paragrafo 5.4 del capitolo.



determinato componente) con una serie di fattori modificanti che consentono di passare alle condizioni del progetto specifico.

La vita utile stimata ESLC<sup>5</sup> considerando l'elevata complessità dei parametri adoperati e l'indagine che si vuole perseguire, avviene nel seguente modo:

1. Si determina la RSLC<sup>6</sup>;
2. Si calcola la ESLC per il prospetto del fabbricato considerato.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente formula:

$$ESLC = RSLC * ( A * B * C * D * E * F * G )$$

dove:

ESLC – è la vita utile dell'elemento tecnico intonaco prevista, in definite condizioni d'uso, calcolata correggendo le condizioni di riferimento in funzione dei materiali, del progetto, dell'ambiente, delle condizioni d'uso e dalla manutenzione;

RSLC – è la vita utile dell'elemento tecnico intonaco prevista in definite condizioni d'uso di riferimento;

Il metodo usa fattori modificanti (che possono influire sulla vita utile) per ognuna delle seguenti voci:

A – fattore rappresentativo della qualità del componente;

B – fattore rappresentativo della qualità di progettazione;

C – fattore rappresentativo della qualità di esecuzione;

D – fattore rappresentativo dell'ambiente interno;

E – fattore rappresentativo dell'ambiente esterno;

F – fattore rappresentativo delle condizioni d'uso;

G – fattore rappresentativo del livello di manutenzione.

Di seguito viene riportata la tabella con la spiegazione di cosa si tiene conto quando si considerano i fattori moltiplicativi sopra menzionati.

---

<sup>5</sup> Estimated Service Life of a Component, ISO 15686

<sup>6</sup> Reference Service Life of a Component, ISO 15686

Agenti		Esempi di condizioni rilevanti	
Agenti alla qualità intrinseca del componente	A	Qualità del componente	Fabbricazione, stoccaggio, trasporto ecc.
	B	Qualità di progettazione	Protezioni da altre parti dell'edificio
	C	Qualità di esecuzione	Qualità della manodopera, condizioni climatiche durante l'installazione
Ambiente	D	Ambiente interno	Aggressività dell'ambiente, ventilazione, condensazione
	E	Ambiente esterno	Altezza dell'edificio, micro-ambiente
Utilizzo	F	Condizioni d'uso	Impianti meccanici, tipologia di utenza, ecc.
	G	Livello di manutenzione	Qualità e frequenza della manutenzione, accessibilità, ecc.

**Tabella 5-1 - Fattori moltiplicativi per l'applicazione del metodo fattoriale**

I fattori correttivi varieranno tra valori di 0.8 e 1.2, mentre la vita utile di riferimento RSLC viene a determinarsi attraverso:

1. Dati forniti dai produttori e dai test delle case di ricerca;
2. Esperienze ed osservazioni su oggetti di studio dalle caratteristiche simili;
3. Valutazioni della durabilità certificate dagli organi Nazionali e dell'UE;
4. Lettura scientifica che raccoglie valutazioni di vita utile dei componenti;
5. Codici di costruzione che suggeriscono tipiche vite standard dei componenti.

Per la determinazione della RSLC si prende in considerazione la tabella contenuta nella norma<sup>7</sup> di seguito riportata, che fornisce valori di vite utili minime suggerite per componenti edilizi.

Design life of building	Components			Building services
	Inaccessible or structural	Replacement is expensive or difficult*	Major replaceable	
Unlimited	Unlimited	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

NOTE 1: Easy to replace components may have design lives of 3 or 6 years  
NOTE 2: An unlimited design life should very rarely be used, as it significantly reduces design options.  
\* including below ground drainage

**Tabella 5-2**

<sup>7</sup> ISO 15686-1:2000 ; Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles

Dalla tabella ricaviamo un valore di 40 anni per l'intonaco, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento tecnico come facilmente sostituibile.

Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

Di seguito si riporta una tabella tipo utile a raccogliere tutti i dati necessari all'applicazione della metodologia.

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT				
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT	FRONT
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components		
	B	Design level		
	C	Work execution level		
ENVIRONMENT	D	Indoor environment		
	E	Outdoor environment		
UTILIZATION	F	In-use conditions		
	G	Maintenance of level		
$(A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)_K$				
RSLC [YEARS]			40,00	
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]				

Il maggior pregio di tale metodo, che è contemporaneamente anche il suo più grande difetto, è la sua semplicità che consente di renderlo economicamente applicabile anche in progetti di piccole dimensioni.

### 5.3 VITA UTILE DELL'INTONACO CON IL METODO CHE VALUTA LA DURATA SULLA BASE DI DATI RILEVATI DA EDIFICI CAMPIONE, UNI 11156.

La valutazione della  $D_{pp}$  ovvero della *Durata più probabile* avviene attraverso l'utilizzo di parametri complessi e l'indagine che si vuole perseguire avviene nel seguente modo sintetizzato:

1. Determinazione della  $D_{mn}$ ;
2. Calcolo della corrispondente  $D_{pp}$  per il prospetto del fabbricato.

La relazione che esprime il *Metodo* nell'espressione *indiretta* è:

$$D_{pp} = D_{mn} \cdot \prod_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  (Durata più probabile): vita utile dell'elemento considerato nelle condizioni fissate (in questo periodo la probabilità che il componente presenta livelli prestazionali maggiori ad un livello prefissato è alta);
- $D_{mn}$  (Durata medio-normale): vita utile dell'elemento considerato, nelle condizioni assunte come medio-normali di riferimento;
- $F_i$  (Coefficienti correttivi): corrispondono agli agenti o gruppi di agenti maggiormente influenti sulla vita utile.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano.

Gli edifici da sottoporre a campionatura devono essere scelti secondo criteri che garantiscono:

1. qualità e quantità delle informazioni disponibili;
2. possibilità di effettuare attività di monitoraggio;
3. caratteristiche degli interventi eseguiti;
4. omogeneità dei fattori di influenza.

Risulta necessario definire la condizione di conservazione (stato) in cui si trova l'elemento tecnologico (nella fattispecie intonaco esterno) al momento dei rilievi attraverso un'analisi (visiva e non solo) che definisce un livello di degrado in funzione delle condizioni del componente al momento del rilievo, e di conseguenza la possibilità di individuare preventivamente su base sperimentale il valore della durata medio-normale ( $D_{mn}$ ) ovvero la durata del componente in oggetto nelle condizioni che si assumono come medio-normali.

Il punto di partenza per la determinazione della durata medio-normale, è fissare i livelli prestazionali, in particolare per l'intonaco esterno, si assumono i seguenti livelli:

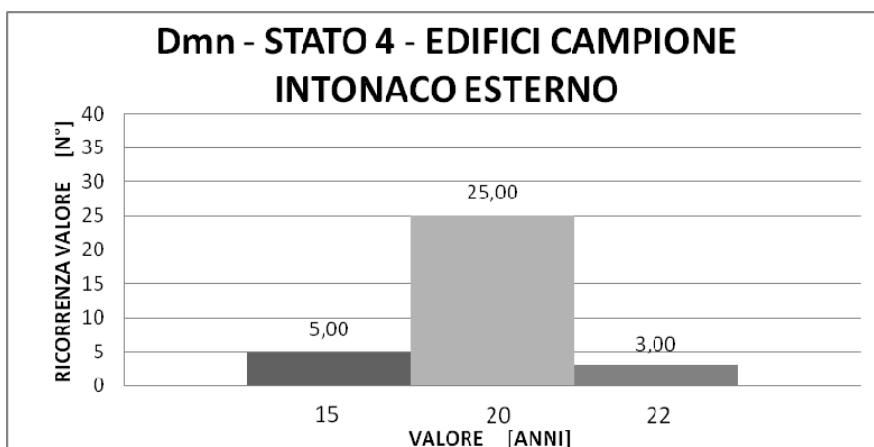
- a. *stato 1*: assenza di apprezzabili alterazioni;
- b. *stato 2*: presenza di fuliggine;
- c. *stato 3*: fessurazioni e/o distacchi incipienti che interessano zone limitate <10%;
- d. *stato 4*: fessurazioni e/o distacchi in atto che interessano zone limitate <30%;
- e. *stato 5*: fessurazioni e/o distacchi che interessano zone diffuse >30%.

Il tutto è sintetizzato nella seguente tabella 5-3:

<b>INTONACO ESTERNO</b>			
<b>Stato iniziale</b>	<b>livello prestazionale</b>	<b>livello di degrado</b>	<b>D<sub>mn</sub> (anni)</b>
stato 1	assenza di apprezzabili alterazioni	assente	<b>5</b>
stato 2	presenza di fuliggine	basso	<b>10</b>
stato 3	fessurazioni e/o distacchi incipienti che interessano zone limitate (<10 %)	medio	<b>15</b>
stato 4	fessurazioni e/o distacchi incipienti che interessano zone limitate (10÷30%)	alto	<b>20</b>
stato 5	fessurazioni e/o distacchi incipienti che interessano zone limitate (> 30%)	massimo	<b>25</b>

**Tabella 5.3: stato intonaco esterno**

Tali informazioni si sono ottenute dopo che sono stati studiati 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' e si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.



I livelli prestazionali fin ora definiti fanno riferimento alle anomalie: fessurazione e distacco.

*Fessurazione*: degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nell'intonaco e/o nella pellicola pittorica e implica lo spostamento reciproco di entrambi;

*Distacco*: soluzione di continuità tra strati superficiali del materiale, sia tra loro che rispetto al substrato e prelude in genere alla caduta degli strati stessi.

Un importante presupposto per la determinazione dei coefficienti correttivi è che il degrado di cui si tiene conto sia soltanto dato dall'obsolescenza fisiologica del campione.

La definizione dei criteri che consentono di apprezzare le differenze del caso specifico rispetto alla condizione medio-normale, si può ottenere da fonti diverse, che possono alimentare in maniera sinergica lo strumento di valutazione.

La traduzione numerica dei fattori di influenza può ricavarsi nei seguenti modi:

1. attribuzione empirica dei valori mediante l'elaborazione statistica dei dati raccolti in indagini su casi-studio dalle caratteristiche analoghe a quelle prese in considerazione;
2. attribuzione empirica dei valori basati sull'elaborazione dei dati frutto di ricerche sull'argomento, sfruttando le informazioni provenienti dagli addetti ai lavori (progettisti, produttori, costruttori, operai) oppure tramite indicazioni normative o provenienti da altre fonti adeguate;
3. calcolo sperimentale dei valori basato sullo sviluppo di prove sperimentali che consentono di riprodurre la deviazione del caso in oggetto rispetto al caso medio-normale e comunque determinato su base statistica.

La distinzione delle tre fonti che alimentano i dati per l'applicazione del metodo di valutazione non deve essere necessariamente effettuata, ma anzi è preferibile che l'approvvigionamento delle informazioni sia di natura varia. Ciascuna classe di influenza infatti, può trovare informazioni in un serbatoio diverso, o comunque uno di essi può garantire risultati più affidabili.

Con riferimento all'intonaco esterno, l'assetto dei fattori influenti il degrado sono:

<b>FATTORI</b>	
<b>F<sub>1</sub>: FATTORI CLIMATICI</b>	Temperatura
	$\Delta T$ giornaliero
	Pioggia/Vento
	Neve
	Tasso di umidità
<b>F<sub>2</sub>: FATTORI AMBIENTALI</b>	Esposizione
	Mare
	Inquinamento
	Vibrazioni
	Prosp. altri edifici
<b>F<sub>3</sub>: FATTORI DI CONFIGURAZIONE</b>	Aspetto superficiale
	Giacitura
	Estensione
<b>F<sub>4</sub>: FATTORI TECNOLOGICI</b>	Forme e n° angoli
	Cornicione
	Balconi
	Base edificio
	Punti critici
	Colore

L'ultima fase è la determinazione dei coefficienti corretti  $F_i$  a tal proposito il metodo è definito in maniera propria come *indiretto*, poiché la determinazione dei fattori correttivi avviene mediante l'assegnazione di punteggi  $P_i$  alle condizioni di variazione, i quali traducono in termini numerici la diversa influenza che i differenti fattori hanno sul componente. I punteggi sono inversamente proporzionali alla possibilità di indurre delle situazioni di degrado e sono coinvolti in maniera diretta nella determinazione finale dei fattori. L'assegnazione dei punteggi può avere natura diversa potendosi basare sulle diverse figure coinvolte.

Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi  $F_i$  da impiegare nella formula.

Ogni gruppo costituito da  $m$  fattori ha un range  $\Delta F$  di valori possibili, compresi tra un massimo ed un minimo, il quale corrisponde al peso che i gruppi hanno nei confronti della definizione della durata  $D_{pp}$ .

FATTORI	PESO
<b>F<sub>1</sub>: FATTORI CLIMATICI</b>	4
<b>F<sub>2</sub>: FATTORI AMBIENTALI</b>	4
<b>F<sub>3</sub>: FATTORI DI CONFIGURAZIONE</b>	1
<b>F<sub>4</sub>: FATTORI TECNOLOGICI</b>	2

I valori su esposti corrispondono in realtà al range di valori che i quattro gruppi possono assumere in funzione del ruolo ponderale nell'affidabilità degli elementi costruttivi prescelti.

FATTORI	F <sub>MIN</sub>	F <sub>MAX</sub>
<b>F<sub>1</sub>: FATTORI CLIMATICI</b>	0,68	1,075
<b>F<sub>2</sub>: FATTORI AMBIENTALI</b>	0,74	1,135
<b>F<sub>3</sub>: FATTORI DI CONFIGURAZIONE</b>	0,92	1,020
	0,95	1,050
	0,97	1,070
<b>F<sub>4</sub>: FATTORI TECNOLOGICI</b>	0,85	1,050
	0,88	1,075
	1,00	1,200
	0,80	1,000
	0,87	1,070
	0,87	1,070

All'interno di ogni range vi è il valore medio-normale a cui evidentemente corrisponde il coefficiente correttivo 1; i valori compresi fra tale valore e il minimo provocano diminuzione della durata  $<1$ ; quelli compresi tra tale valore e il massimo corrispondono a condizioni migliorative per la durata  $>1$ .

Dalla somma dei valori minimi di punteggio, di ogni set di condizioni di variazione del gruppo di fattori considerato, si ha il punteggio minimo complessivo  $P_{min}$  cui corrisponde il limite inferiore del range  $\Delta F_i$  di variazione del coefficiente corrispondente al gruppo; analogamente dalla somma dei punteggi massimi si ha il punteggio massimo complessivo  $P_{max}$  cui corrisponde invece il limite



superiore di  $\Delta F_i$ . La somma dei punteggi corrispondenti alle condizioni medio-normali fornisce invece il valore  $P_{mn}$  cui corrisponderà il valore 1 del coefficiente  $F$ .

Definiti:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Nelle precedenti relazioni si è fatto riferimento alle quantità  $\Delta F_i$ ,  $\Delta P$ ,  $P_{min}$ ,  $P_{max}$  e  $P_{mn}$ , i loro intervalli di variazione per ogni fattore appartenente al gruppo di fattori sono i seguenti:

#### FATTORI GEOGRAFICI

ZONE CLIMATICHE	PUNTEGGIO
Zona A	7
Zona B	8
Zona C	9 (4)
Zona D	10 (3)
Zona E	2
Zona F	0

**Tabella 5-4 - Punteggi per il fattore zona climatica**

I punteggi in parentesi sono da considerare quando la località è soggetta ad una temperatura che scende sotto ai 0°C.

Da notare che in grigio sono evidenziati i valori “medio – normali”.

$\Delta T$ (°C)	PUNTEGGIO
$\leq 13^{\circ}\text{C}$	10
$\geq 13^{\circ}\text{C}$	0

**Tabella 5-5 - Punteggi per il fattore  $\Delta T$  giornaliero**

ESPOSIZIONE	PUNTEGGIO
Riparata	10
Moderata	5
Severa	0

**Tabella 5-6 – Punteggi per il fattore esposizione**

I punteggi sono funzione dell’esposizione e sono mediati con quelli del vento.

Tipo di esposizione		Campagna aperta			Campagna con rompivento piccole città, periferie			Centro grandi città		
Zone climatiche		A B	C D E	F	A B	C D E	F	A B	C D E	F
Zona di vento	Altezza edificio m	PUNTEGGIO								
1	10	10	10	9	10	10	9	10	10	9
	20	8	7	7	8	7	7	10	10	9
	40	8	7	7	8	7	7	8	7	7
	60	6	5	4	6	5	4	8	7	8
	80	6	2	4	6	5	4	6	5	4
	100 e più	3	2	2	3	2	2	3	2	2
2	10	8	7	7	10	10	9	10	10	9
	20	6	5	4	8	7	7	8	7	7
	40	6	5	4	6	5	4	6	5	4
	60	3	2	2	6	5	4	6	5	4
	80	3	2	2	3	2	2	2	2	2
	100 e più	1	0	0	3	2	2	2	2	2
3	10	8	7	7	8	8	7	8	7	7
	20	6	5	5	6	6	4	8	7	7
	40	3	2	2	3	3	2	2	2	2
	60	3	2	2	3	3	2	2	2	2
	80	1	0	0	1	1	0	2	2	2
	100 e più	1	0	0	1	1	0	0	0	0
4	10	6	5	5	8	8	7	8	7	7
	20	3	2	2	3	3	2	6	5	4
	40	1	0	0	3	3	2	3	2	2
	60	1	0	0	1	1	0	3	2	2
	80	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	100 e più	1	0	0	1	1	0	1	0	0

**Tabella 5-7**

I punteggi sono funzione dell'esposizione, della zona climatica, della zona di vento e dell'altezza dell'edificio e vengono mediati con quelli della pioggia. Se la facciata di studio è in direzione vento i risultati trovati rimarranno inalterati altrimenti si incrementa il valore del coefficiente correttivo di 1,5.

	PUNTEGGIO		
Altitudine	I	II	III
$a \leq 200\text{m}$	2	3	4
$200 < a \leq 750\text{ m}$	1	2	3
$a > 750\text{ m}$	0	1	2

**Tabella.5-8 - Punteggi per il fattore neve**

ATMOSFERA	PUNTEGGIO
SECCA (U.R <35% )	10
NORMALE-UMIDA ( $35\% \leq \text{U.R.} \leq 85\%$ )	5
MOLTO UMIDA (U.R.>85%)	0

**Tabella 5-9 - Punteggi per il fattore tasso di umidità**

#### FATTORI AMBIENTALI

ESPOSIZIONE	PUNTEGGIO
N	0
NE	3
E	1
SE	3
S	1
SW	3
W	1
NW	3

**Tabella 5-10 - Punteggi per il fattore punti cardinali**

<b>DISTANZA</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
$d \leq 50 \text{ m}$	0
$50 \text{ m} < d \leq 500 \text{ m}$	4
$d > 500 \text{ m}$	8
Assente	10

**Tabella 5-11 - Punteggi per il fattore mare**

<b>INQUINAMENTO</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
basso	8
medio	4
alto	0
assente	10

**Tabella 5-12 - Punteggi per il fattore inquinamento**

<b>VIBRAZIONI</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
Presenti	0
Assenti	6

**Tabella 5-13- Punteggi per il fattore vibrazioni**

<b>PROSPICIENZA</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
Ombreggiatura $d < H$	5
Fronte libero	0
Edificio o altro a $d = H$	10

**Tabella 5-14 - Punteggi per il fattore prospetto altri edifici**

#### FATTORI DI CONFIGURAZIONE

<b>EFFETTO SUPERFICIALE</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
Levigato	10
Scabro	0

**Tabella 5-15 - Punteggi per il fattore aspetto superficiale**

GIACITURA	PUNTEGGIO
Verticale piana	10
Inclinata piana ( $\alpha < 15^\circ$ )	8
" " ( $15^\circ < \alpha < 30^\circ$ )	6
" " ( $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ )	4
" " ( $\alpha > 60^\circ$ )	2

**Tabella 5-16 - Punteggi per il fattore giacitura**

ESTENSIONE	PUNTEGGIO
> 400 mq senza aperture	0
< 400 mq o con aperture	10

**Tabella 5-17 - Punteggi per il fattore estensione**

#### FATTORI TECNOLOGICI

	Numero di angoli in facciata		
Forma	2	2; 4; 6	>6
Curva	6	3	0
Piana	10	6	3

**Tabella 5-18 - Punteggi per il fattore forma**

CORNICIONE	PUNTEGGIO
ASSENTE	0
PRESENTE CON $L/H < 0,2$	5
PRESENTE CON $L/H = 0,2 \div 0,4$	6
PRESENTE CON $L/H > 0,4$	7

**Tabella 5-19 - Punteggi per il fattore cornicione**

La  $L^8$  indica la larghezza del cornicione mentre l'H indica l'altezza dell'edificio. Maggiore è il rapporto tra  $L/H$  e maggiori sono gli effetti positivi che il cornicione esercita sulla facciata.

<b>BALCONI</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
Assenti	0
Presenti a tratti lungo la facciata e con $D/I < 0,2$	1
Presenti su tutta la facciata e con $D/I < 0,2$	3
Presenti a tratti lungo la facciata e con $D/I = 0,24 ; 0,4$	4
Presenti su tutta la facciata e con $D/I = 0,24 ; 0,4$	6
Presenti a tratti lungo la facciata e con $D/I > 0,4$	7
Presenti su tutta la facciata e con $D/I = 0,4$	9

**Tabella 5-20- Punteggi per il fattore balconi**

Analogamente a quanto visto per i cornicioni, anche per i balconi si calcola un rapporto tra la larghezza del frontalino (d) e l'altezza del piano dell'edificio (i).

<b>BASE DELL'EDIFICIO</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
Muratura isolata dal terreno	8
Muratura isolata dal terreno + lambris	10
Muratura isolata dal terreno solo lateralmente	6
Muratura isolata dal terreno solo lateralmente + lambris	7
Muratura isolata dal terreno solo lateralmente + falda	4
Muratura isolata dal terreno solo lateralmente + falda + lambris	6
Muratura non isolata dal terreno	2
Muratura non isolata dal terreno + falda	0
Muratura non isolata dal terreno + lambris	4
Muratura non isolata dal terreno + falda + lambris	3

**Tabella 5-21 - Punteggi per il fattore base edificio**

<sup>8</sup> Tratto da Nicoletta M, Affidabilità e durabilità degli elementi costruttivi in edilizia – un'ipotesi metodologica per il calcolo, Napoli, 1998.

PUNTI CRITICI	PUNTEGGIO	
	SI	NO
Pilastrini e solette a filo della muratura	0	6
Variazione di spessore nella muratura	0	4
Ringrossi d'intonaco, fasce marcapiano, cornici delle finestre	0	6
Pluviali inserite nella muratura	0	6

**Tabella 5-22 - Punteggi per il fattore punti critici**

COLORE	PUNTEGGIO
Chiaro	5
Scuro	0

**Tabella 5-23 - Punteggi per il fattore colore**

I dati assunti si riferiscono ad intonaci di malta comune e dunque i valori dei coefficienti sono desunti dai suddetti dati raccolti in sito.

Infine l'assegnazione dei  $F_i$  in forma più dettagliata e per ciascun gruppo di fattori avviene con l'ausilio dei valori riportati:

FATTORI	$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
F1: FATTORI CLIMATICI	0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
F2: FATTORI AMBIENTALI	0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
F3: FATTORI DI CONFIGURAZIONE	0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
F5: FATTORI TECNOLOGICI	0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Si calcola la  $D_{pp}$  avendo definito la  $D_{mn}$ , gruppi di fattori e punteggi da assegnare ad ogni condizione rispetto a quella medio-normale. In particolare per il prospetto si valuta, attraverso l'attribuzione di punteggi, quanto la situazione in esame discosta da quella medio-normale,



definendo quindi i  $P_i$  e di conseguenza gli  $F_i$ . Noti i coefficienti  $F_i$  per ogni gruppo di fattori si calcolano le  $D_{pp}$ .

Nel dare un giudizio sulle condizioni di conservazione si utilizzano i quattro stati prestazionali già evidenziati all'inizio del paragrafo<sup>9</sup>.

I risultati e le informazioni desunte dai rilievi condotti sugli edifici sono stati raccolti in schede qui di seguito riportate.

#### **5.4 SCHEDE DI RILIEVO DEI DATI NECESSARI ALL'APPLICAZIONE DELLE METODOLOGIE**

La prima parte della sperimentazione ha richiesto dunque il reperimento dei dati necessari all'applicazione delle metodologie di previsione della durata proposte dalle norme, a tal proposito sono state predisposte schede di rilievo sul campo per condurre il rilievo dello stato di degrado del componente edilizio intonaco esterno degli edifici.

La scheda del *tipo a* raccoglie informazioni che mirano a realizzare un inquadramento generale dell'edificio, dal punto di vista della sua localizzazione delle sue caratteristiche dimensionali e delle sue caratteristiche costruttive. La scheda presenta un codice identificativo il quale precede l'ubicazione dell'edificio.

La scheda di *tipo b* raccoglie informazioni di carattere più specifico riferite all'elemento tecnico nell'ambito della sua classe. In tale scheda si raccolgono dati che individuano le condizioni di conservazione con relativa data.

---

<sup>9</sup> A tal proposito vedere paragrafo 5.3.

## CAPITOLO.6

### EDIFICI ANALIZZATI

Nel seguente capitolo verranno analizzati degli edifici siti nel comune di Napoli con l'intento di poter condurre un confronto sperimentale dei metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco con il comportamento effettivo in servizio così da potersi rendere conto se ci sono differenze tra i risultati che si conseguono con le metodologie proposte dalle norme, rispetto a quanto avviene nella realtà.

Ciò risulterà in seguito un utile strumento per la definizione dei programmi temporali di manutenzione. Questo approccio che mira a valutare la durabilità dei componenti edilizi degli edifici risulta utile nelle fasi di progettazione e programmazione gestionale dell'intervento, per la valutazione dei costi economici ed ambientali relativi al Ciclo di Vita, consentendo una ottimizzazione delle scelte progettuali dal punto di vista della sostenibilità dell'intervento.

Di seguito si elencano gli edifici oggetto di studio, aventi una struttura verticale in muratura di tufo, ed in cemento armato:

N° EDIFICIO	INDIRIZZO	COMUNE
1	VIA DEL PARCO MARGHERITA 24	NAPOLI
2	CORSO VITTORIO EMANUELE 122	
3	VIA DOMENICO CIMAROSA 84	
4	VIA ENRICO ALVINO 60	
5	VICO MONTERODUNI 8	
6	VIA CHIAIA 142	
7	VIA LUIGIA SANFELICE 21	
8	VIA ENRICO ALVINO 2	
9	VIA GIUSEPPE MARTUCCI 10	
10	CORSO CHIAIANO 44	
11	VIA POSILLIPO 1-2	
12	VIA GIORDANO BRUNO 135	
13	VIA CUMANA 29	
14	VIA MERCANTINI 2-16, IS. 3	
15	VIA MERCANTINI 2-16, IS. 4	
16	VIA MERCANTINI 2-16, IS. 5	
17	VIA MERCANTINI 2-16, IS. 2	
18	CORSO VITTORIO EMANUELE 244	
19	VIA PIEDIGROTTA 34	
20	VIA PIEDIGROTTA 54	
21	VIA GROTTA VECCHIA 54	
22	VIA LUIGI PIRANDELLO 21, IS. A	
23	VIA LUIGI PIRANDELLO 21, IS. B	
24	VIA NINO BIXIO 48	

Nei prossimi paragrafi si evidenzieranno i risultati ottenuti dal calcolo della vita utile dell'intonaco col Metodo Fattoriale proposto nella ISO 15686 e poi con quello proposto dalla UNI 11156. La vita utile sarà calcolata innanzitutto per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

## **6.1 EDIFICIO 1 - Via del Parco Margherita 24.**

### **6.1.1 Scheda di rilievo.**

N° SCHEDA: 1a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via del Parco Margherita 24, Napoli



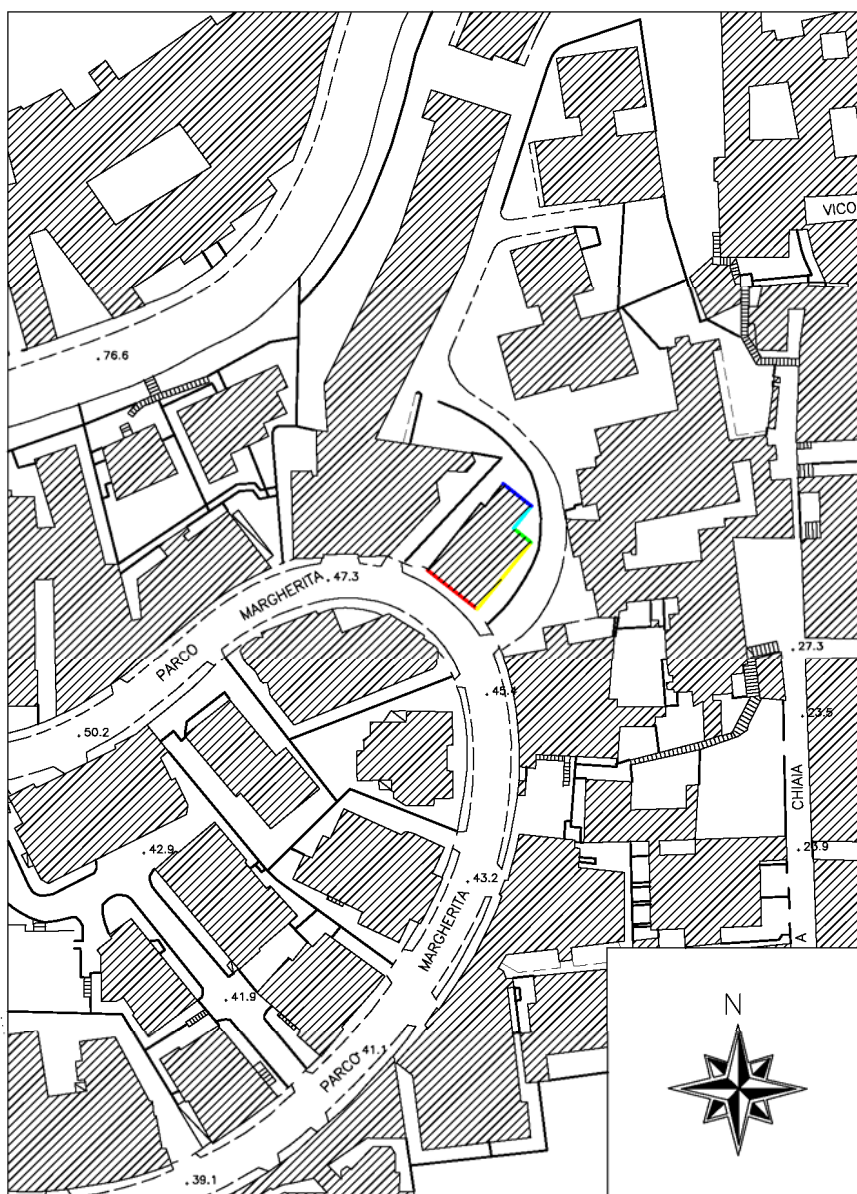
Foto n. 01 - Facciata su Via del Parco Margherita

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 02 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud - Ovest	<span style="color: red;">—</span>	Prospetto Sud - Est	<span style="color: cyan;">—</span>
Prospetto Sud - Est	<span style="color: yellow;">—</span>	Prospetto Nord - Est	<span style="color: blue;">—</span>
Prospetto Nord - Est	<span style="color: green;">—</span>	Prospetto Nord - Ovest	<span style="color: black;">—</span>

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è agli inizi del '900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio fatta eccezione per la zona basamentale dotata di cornici marcapiano, cornicione di coronamento e varie decorazioni dei balconi.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 280 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 20 m. I piani fuori terra sono 3 o 4 a seconda della zona dell'edificio, per un volume lordo complessivo di circa 5600 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

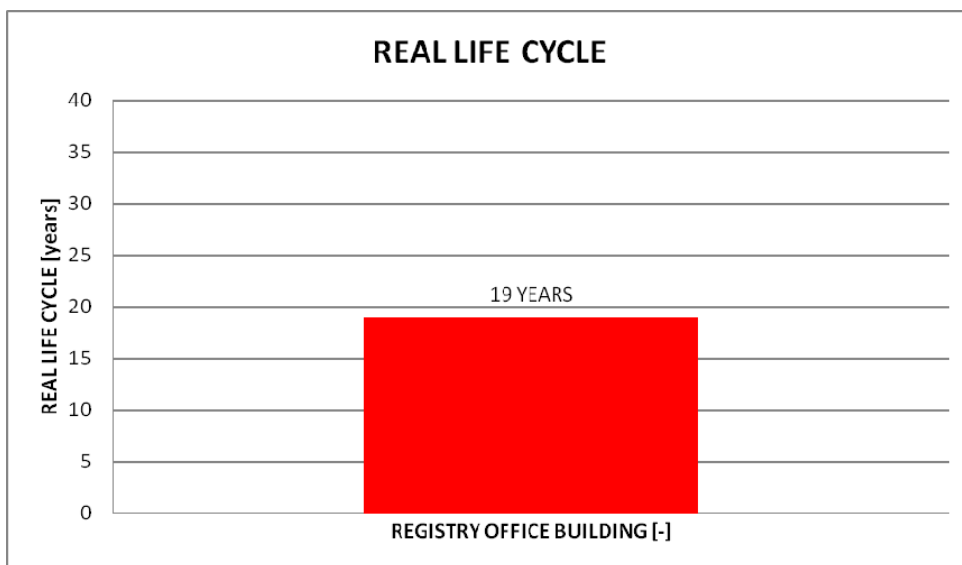
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>1</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:  1b
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1986	2° rilievo 2005
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4

<sup>1</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.1.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1986 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2005, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.



La RLC = 19 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.1.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:



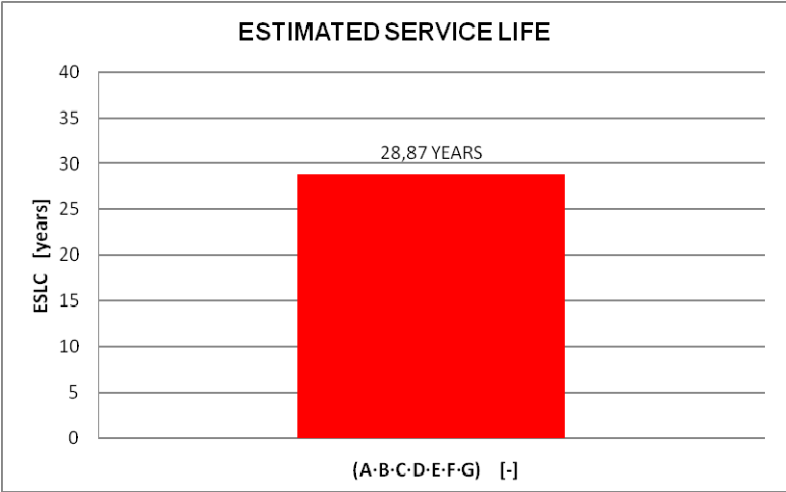
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni secondo le indicazioni proposte dalla norma, infatti avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,10
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,72
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>28,87</b>

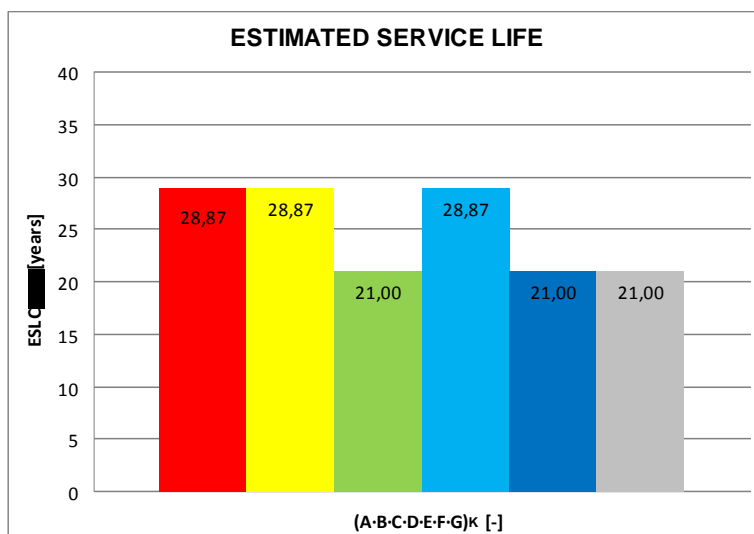
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l’applicazione della procedura a tutte le facciate dell’edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT								
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S-O	FRONT S-E	FRONT N-E	FRONT S-E	FRONT N-E	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	1,10	1,10	0,90	1,10	0,90	0,80
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,72	0,72	0,52	0,72	0,52	0,52
RSLC [YEARS]			40,00					
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			28,87	28,87	21,00	28,87	21,00	21,00

Riportando i valori graficamente:



#### 6.1.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli

inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

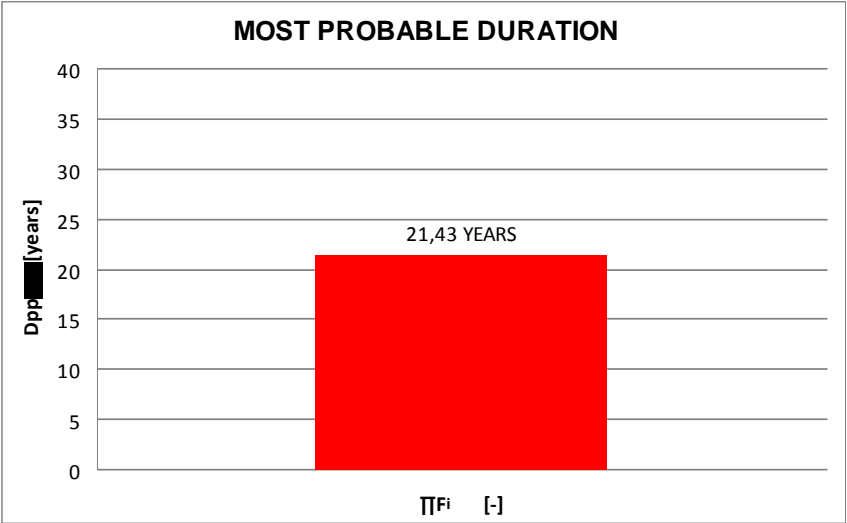
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della D<sub>mn</sub> sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

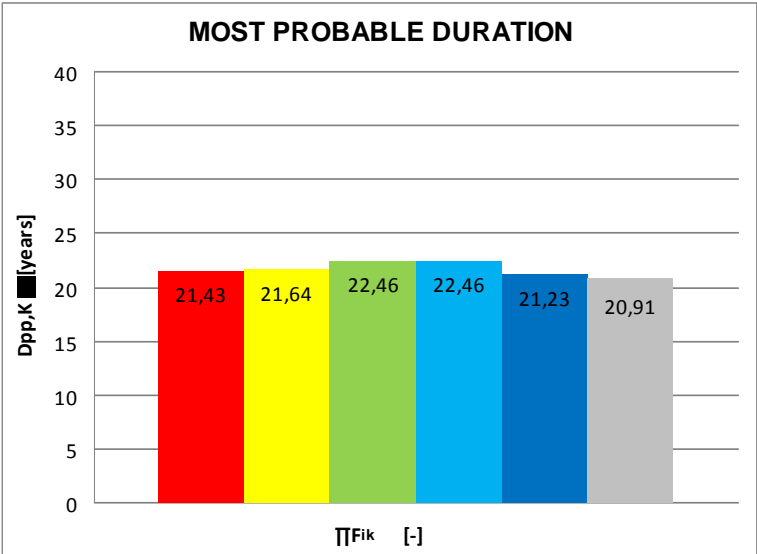
D <sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O	
		DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIROMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Curved 2;6	3,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2	1,00
	Base of the building	Masonry not insulated from the soil	2,00
	Critical point	Thickness variations in the masonry. Expansion of plaster	12,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,97	28,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,07	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,43	

La rappresentazione grafica risulta:



D <sub>pp,x</sub> = DURATION MOST PROBABLE													
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S-E		FRONT N-E		FRONT S-E		FRONT N-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50	I=1,75	12,75	I=1,75	12,75	I=1,75	12,75	I=1,75	8,50
	Snow/altitude	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	0,99	36,5	1,03	40,75	1,03	40,75	1,03	40,75	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S-E	3,00	N-E	3,00	S-E	3,00	N-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d>H	0,00	d<H	5,00
	TOTAL	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,05	15	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	0,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Curved 2,6	3,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster	12,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,97	28,00	0,98	31,00	0,98	31,00	0,98	31,00	0,98	31,00	0,98	31,00
T/F <sub>i,k</sub>		1,07		1,08		1,12		1,12		1,06		1,05	
D <sub>en</sub> [years]		20,00											
D <sub>pp,x</sub> [years]		21,43		21,64		22,46		22,46		21,23		20,91	

Nella tabella alla pagina precedente in seguito all'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i risultati qui di seguito evidenziati graficamente:



### 6.1.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.

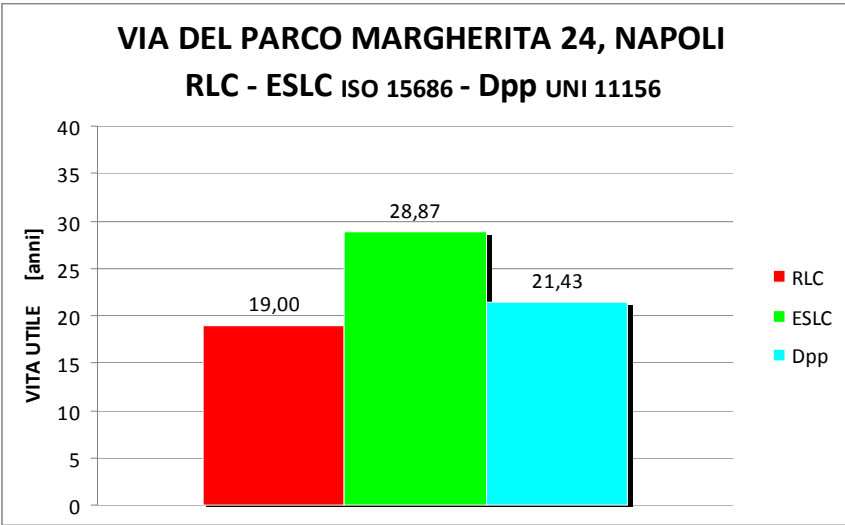
I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE% ESLC-RLC	VARIAZIONE% D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	28,87 [anni]	21,43 [anni]	+ 51,95 [%]	+ 12,79 [%]



Più facilmente visualizzabili graficamente:



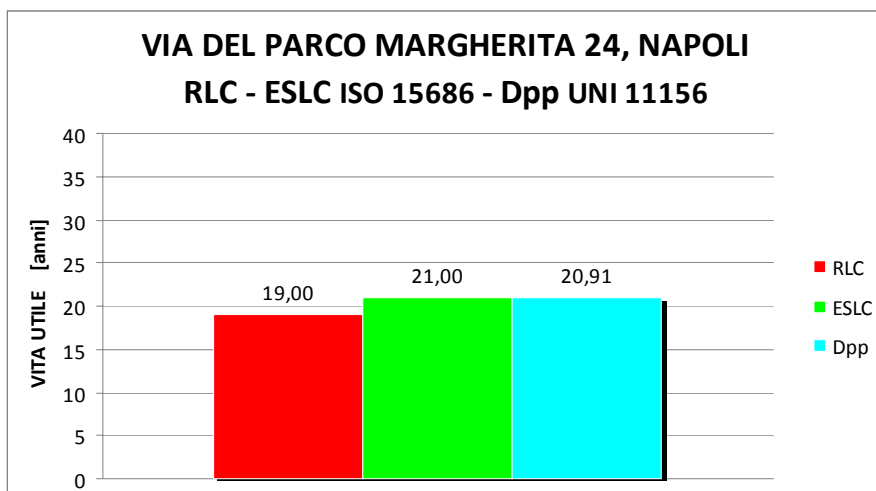
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 51,95 % ovvero di 9,87 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 12,79% ovvero di 2,43 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE% ESLC-RLC	VARIAZIONE% Dpp-RLC
19,00 [anni]	21,00 [anni]	20,91 [anni]	+ 10,53 [%]	+ 10,05 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 10,53 % ovvero di 2 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 10,05% ovvero di 1,91 anni in più rispetto alla RLC.

## 6.2 EDIFICIO 2 – Corso Vittorio Emanuele 122

### 6.2.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 2a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Corso Vittorio Emanuele 122 A, Napoli

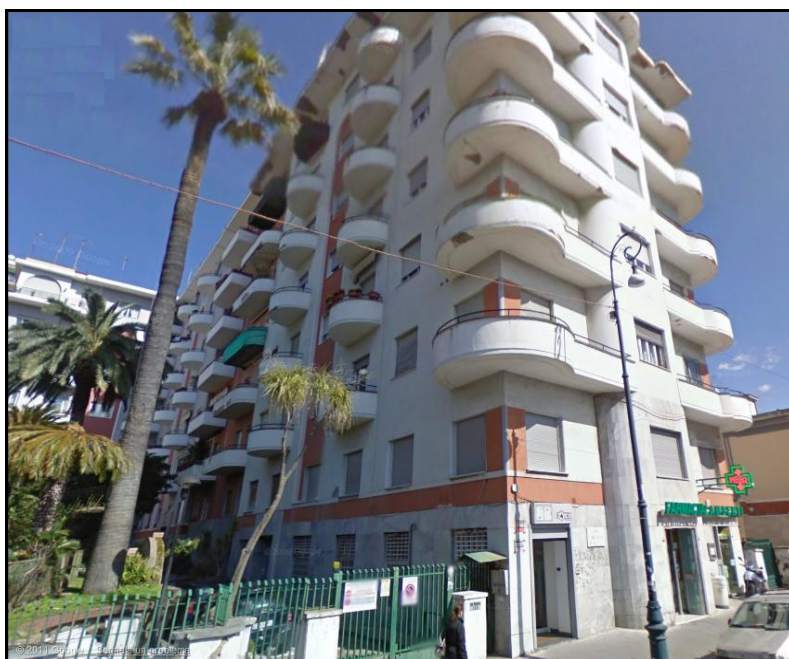


Foto n. 04 - Facciata su Corso Vittorio Emanuele

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 05 – Inquadramento territoriale

# PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000

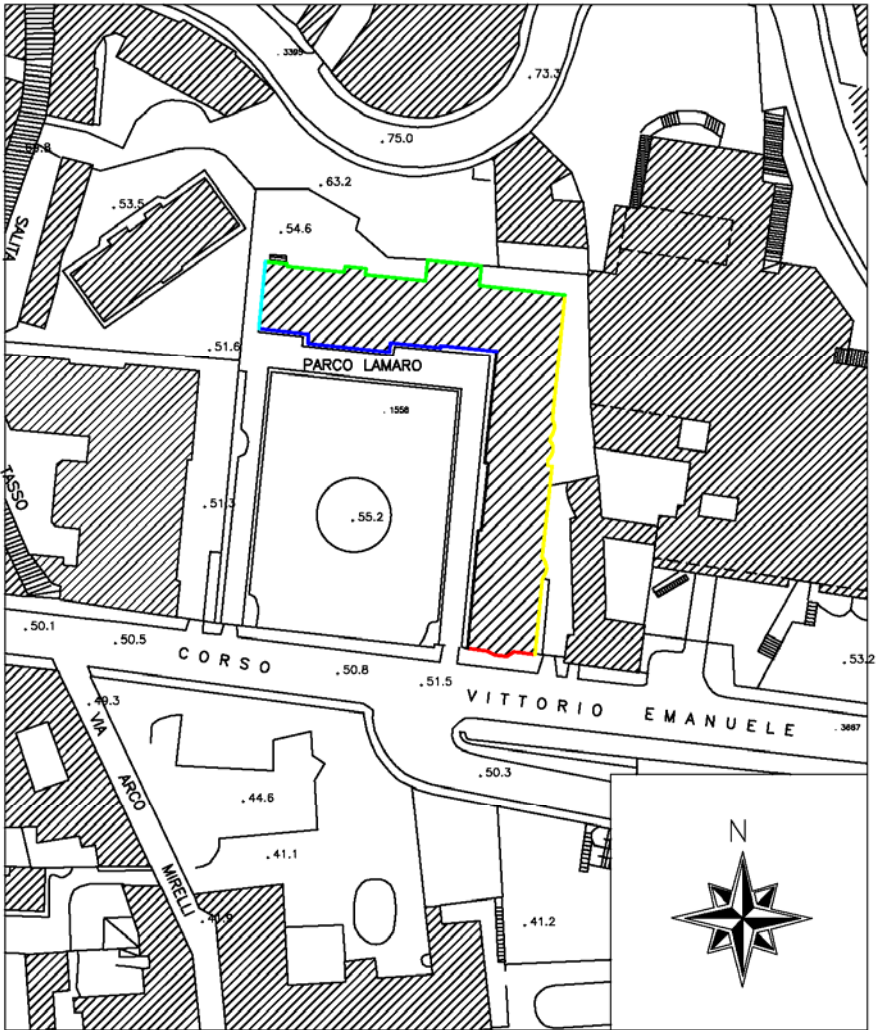


Foto n. 06 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno alla metà del '900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura in mattoni pieni a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, come per il solaio di copertura realizzati in calcestruzzo armato.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di cemento del tipo liscio tranne in alcune zone dove sono presenti marmi e laterizi.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con tre vani scala che danno accesso alle unità immobiliari e sono presenti spazi aperti comuni, ha un'area di sedime di circa 1500 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 30 m. I piani fuori terra sono 7 o 8 a seconda della zona dell'edificio considerato, per un volume lordo complessivo di circa 45000 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

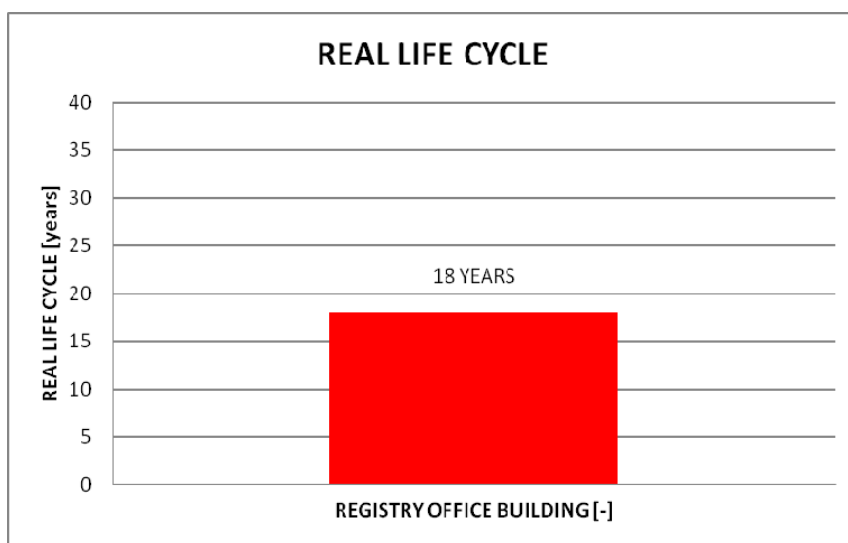
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>2</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			2b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1988	2° rilievo 2006	
Pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio	stato 1	stato 4	

<sup>2</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.2.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1988 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2006, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.2.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

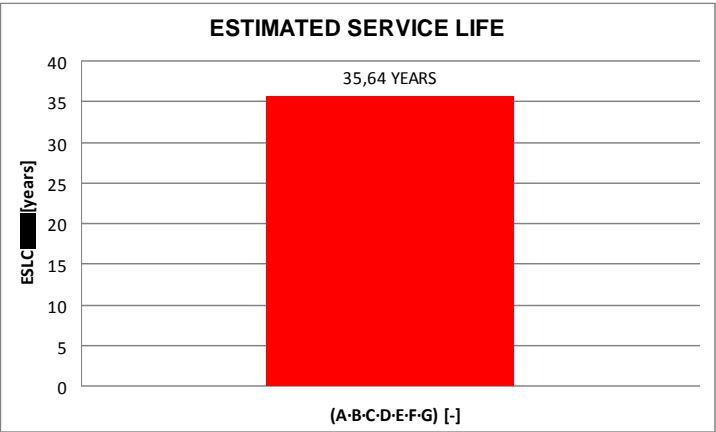
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,10
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,00
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	1,00
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,89
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>35,64</b>



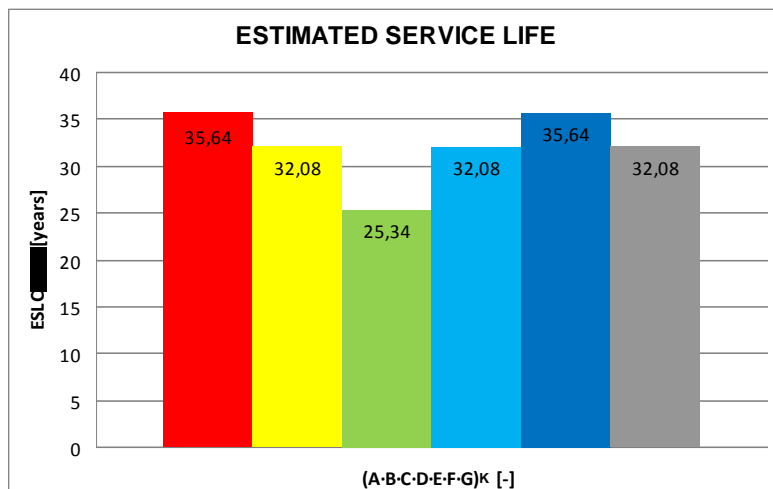
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT								
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S	FRONT E	FRONT N	FRONT O	FRONT S	FRONT O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	1,00	0,90	0,80	0,90	1,00	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
(A•B•C•D•E•F•G) <sub>K</sub>			0,89	0,80	0,63	0,80	0,89	0,80
RSLC [YEARS]			40,00					
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			35,64	32,08	25,34	32,08	35,64	32,08

Riportando i valori graficamente:



#### 6.2.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_i^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che

corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{\min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\min} - P_{mn}) \right]$$

$$F_{\max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{\max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{\min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

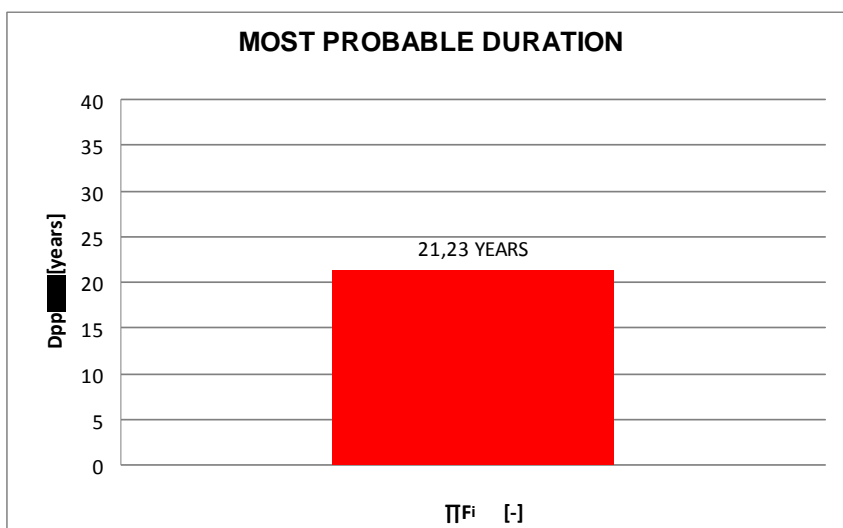
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	10,87
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>1,01</b>	<b>38,87</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S	1,00
	Distance of the sea	d≥500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Distance of others buildings	d<H	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,08</b>	<b>18</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	>400mq	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>0,97</b>	<b>20</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I=0.4	4,00
	Base of the building	Masonry not insulated+lambbris	4,00
	Critical point	Thickness variation in the masonry. Expansion of plaster.	12,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>36,00</b>
<b>∏F<sub>i</sub></b>		1,06	
<b>D<sub>mn</sub> [years]</b>		20,00	
<b>D<sub>pp,k</sub> [years]</b>		<b>21,23</b>	

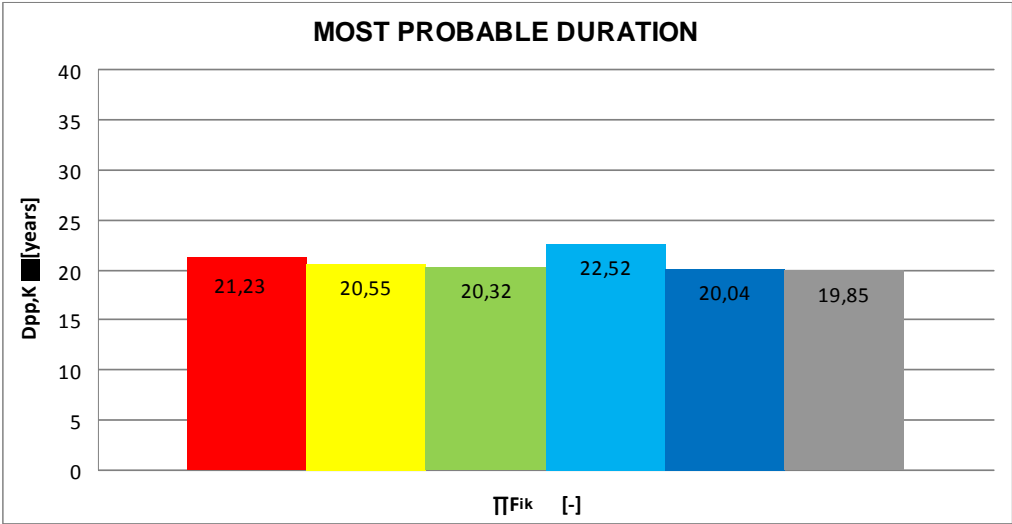
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati raccolti nella tabella che segue:

D <sub>pp,k</sub> = DURATION MOST PROBABLE													
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S		FRONT E		FRONT N		FRONT O		FRONT S		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	10,87	I=1,75	7,25	I=1,75	7,25	I=1,75	10,87	I=1,75	10,87	I=1,75	10,87
	Snow/altitude	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,01	38,87	0,98	35,25	0,98	35,25	1,01	38,87	1,01	38,87	1,01	38,87
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S	1,00	E	1,00	N	0,00	O	1,00	S	1,00	O	1,00
	Distance of the sea	d≥500m	8,00	d≥500m	8,00	d≥500m	8,00	d≥500m	8,00	d≥500m	8,00	d≥500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Distance of others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d>H	0,00	d>H	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,08	18	1,08	18	1,07	17	1,08	18	1,02	13	1,02	13
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	>400mq	0,00	>400mq	0,00	>400mq	0,00	<400mq	10,00	>400mq	0,00	>400mq	0,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,97	20	1,00	30	0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2:6	6,00	Flat 2:6	6,00	Flat 2:6	6,00	Flat 2:	10,00	Flat 2:6	6,00	Flat >6	3,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I=0,4	4,00	D/I=0,4	4,00	D/I=0,4	4,00	D/I=0,4	4,00	D/I=0,4	4,00	D/I=0,4	4,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00	Masonry not isolated from the ground+lambbris	4,00
	Critical point	Thickness variations in the masonry, Windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry, Windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry, Windows frames	12,00	Windows frames	16,00	Thickness variations in the masonry, Windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry, Windows frames	12,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
	TOTAL	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,00	36,00	1,00	36,00	1,00	36,00	1,03	44,00	1,00	36,00	0,99	33,00
TTF <sub>ik</sub>		1,06		1,03		1,02		1,13		1,00		0,99	
D <sub>max</sub> [years]		20,00											
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,23		20,55		20,32		22,52		20,04		19,85	

Evidenziando i risultati graficamente:



**6.2.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

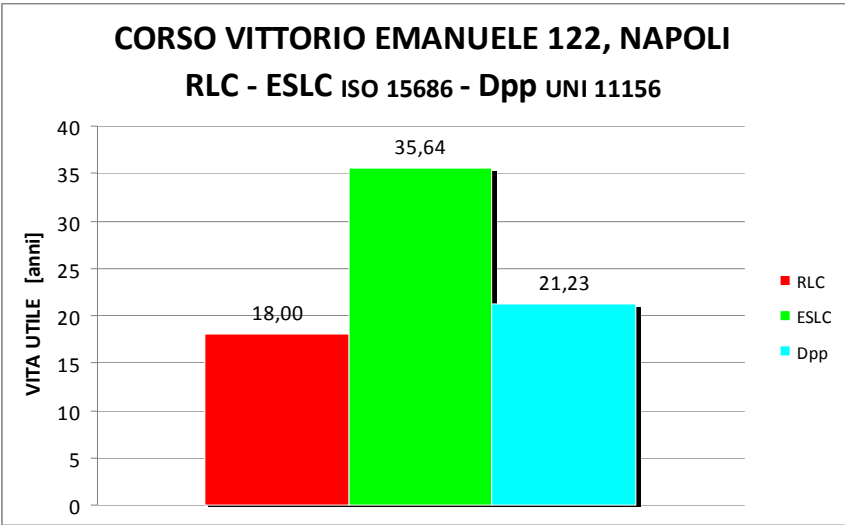
I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [years]	35,64 [years]	21,23 [years]	+ 98,00 [%]	+ 17,94 [%]



Più facilmente visualizzabili graficamente:



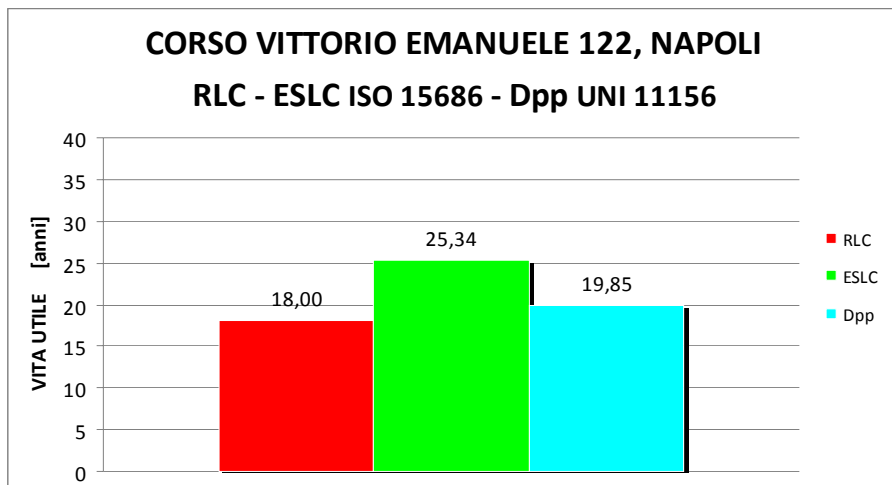
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 98,00 % ovvero di 17,64 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta maggiore del 17,94% ovvero di 3,23 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [years]	25,34 [years]	19,85 [years]	+ 40,78 [%]	+ 10,28 [%]

Più facilmente visualizzabili graficamente:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 40,78 % ovvero di 7,34 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 10,28% ovvero di 1,85 anni in più rispetto alla RLC.

### 6.3 Edificio 3 - VIA DOMENICO CIMAROSA 84

#### 6.3.1 Scheda di rilievo

N° SCHEDA: 3a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Domenico Cimarosa 84, Napoli



Foto n. 07 - Facciata su Via Domenico Cimarosa

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 08 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000

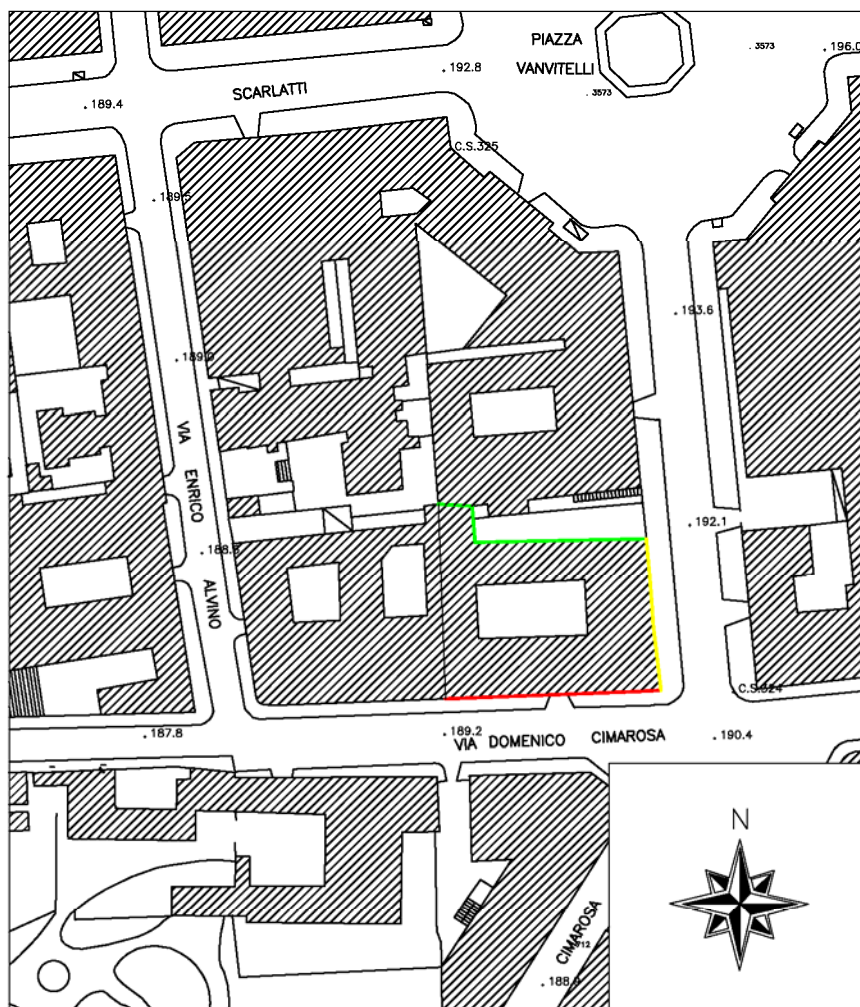


Foto n. 09 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno agli inizi del '900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadri a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta di cemento del tipo liscio di colore rosso per la parte superiore e grigio per la parte inferiore, ovvero, per i primi due piani fuori terra.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che dà accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 1095 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 20 m. I piani fuori terra sono 6, per un volume lordo complessivo di circa 21900 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona collinare della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

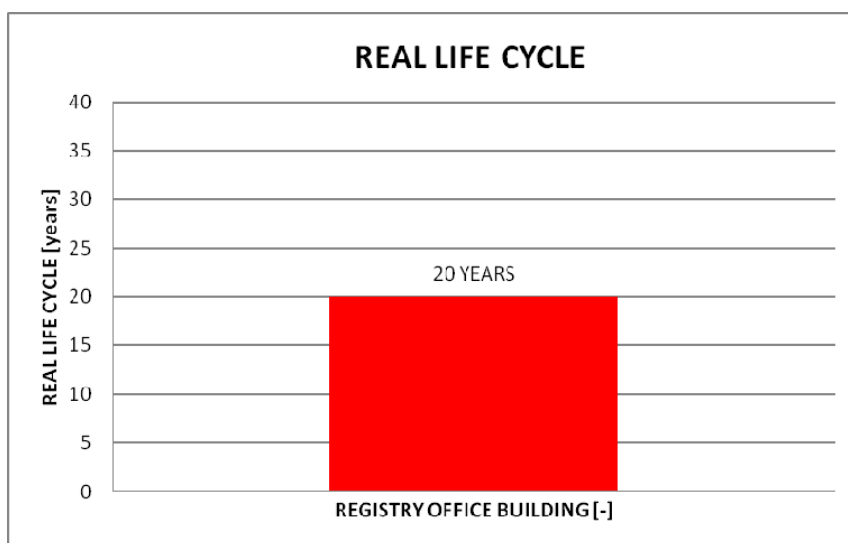
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>3</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:3b
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1982	2° rilievo 2002
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4

<sup>3</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.3.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1982 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2002, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 20 anni.



La RLC = 20 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.3.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

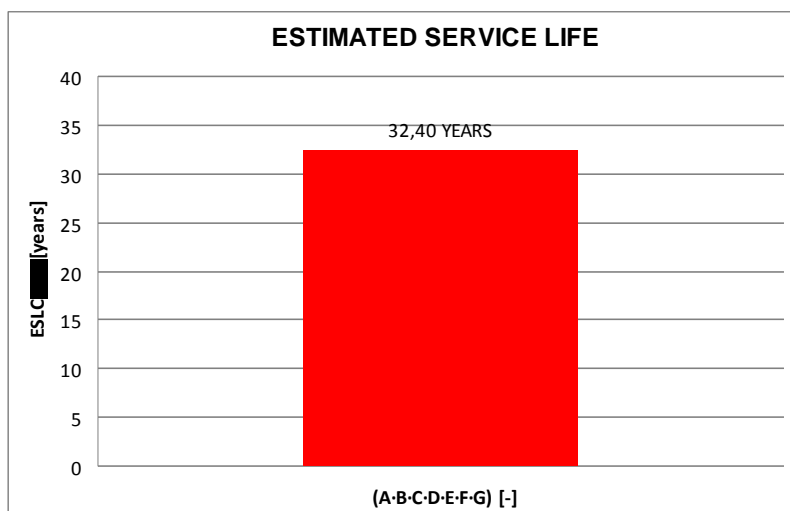
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	1,00
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,81
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>32,40</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

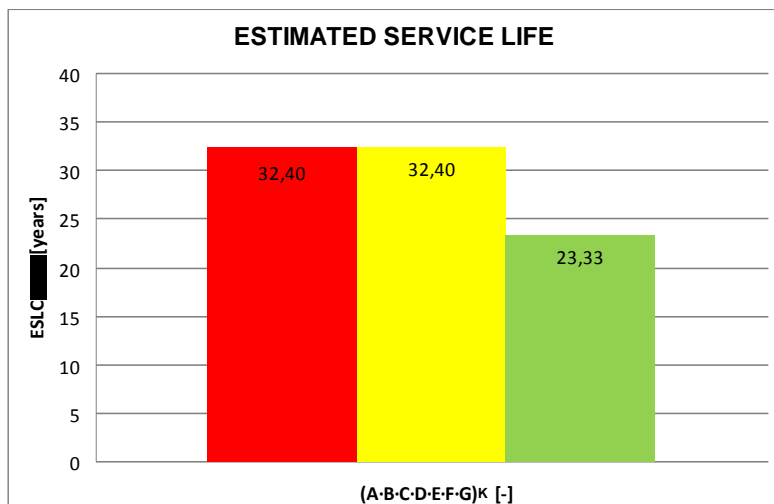




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT					
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S	FRONT E	FRONT N
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	0,90
	C	Work execution level	1,00	1,00	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,80
	G	Maintenance of level	1,00	1,00	1,00
$(A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)_K$			0,81	0,81	0,58
RSLC [YEARS]			40,00		
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			32,40	32,40	23,33

Riportando i valori graficamente:



### 6.3.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_i^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

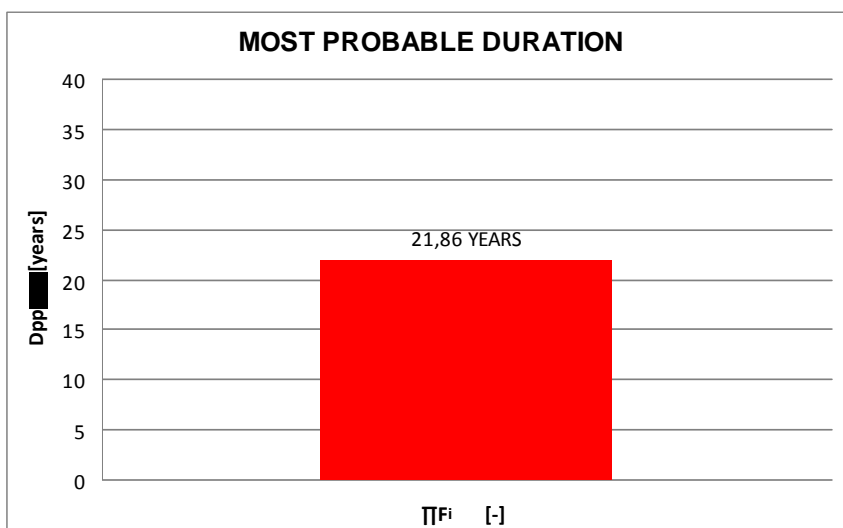
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S	1,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,11</b>	<b>20,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	>400mq	0,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>0,97</b>	<b>20</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H=0,240,4	6,00
	Balcony	D/I=0,240,4	6,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,03</b>	<b>45,00</b>
∑F <sub>i</sub>		1,09	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp,x</sub> [years]</b>		<b>21,86</b>	

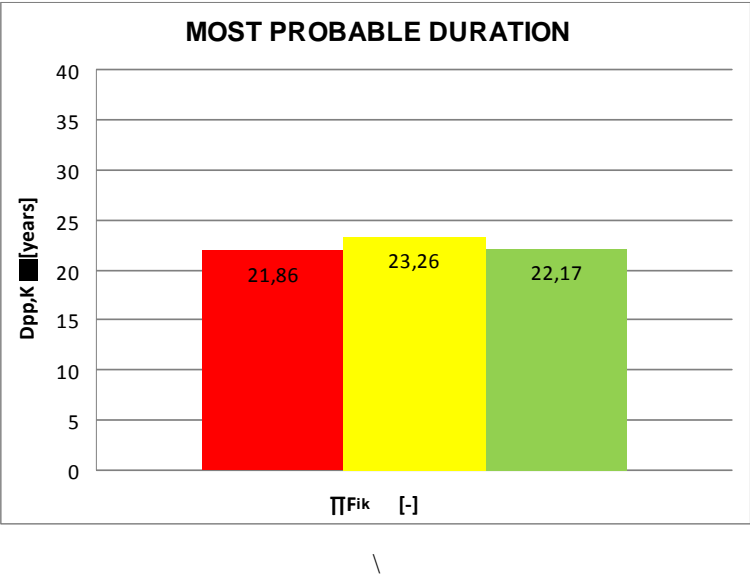
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION							
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S		FRONT E		FRONT N	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	12,75	I=1,75	12,75
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	1,03	40,75	1,03	40,75
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S	1,00	E	1,00	N	0,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00	Absent	10,00	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,11	20,00	1,10	19,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	>400mq	0,00	<400mq	10,00	>400mq	0,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	1,00	30	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H=0,240,4	6,00	L/H=0,240,4	6,00	L/H=0,240,4	6,00
	Balcony	D/I=0,240,4	6,00	D/I<0.2	3,00	D/I=0,240,4	6,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,03	45,00	1,02	42,00	1,02	41,00
TTF <sub>i,k</sub>		1,09		1,16		1,11	
D <sub>mn</sub> [years]				20,00			
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,86		23,26		22,17	

Evidenziando i risultati graficamente:



**6.3.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

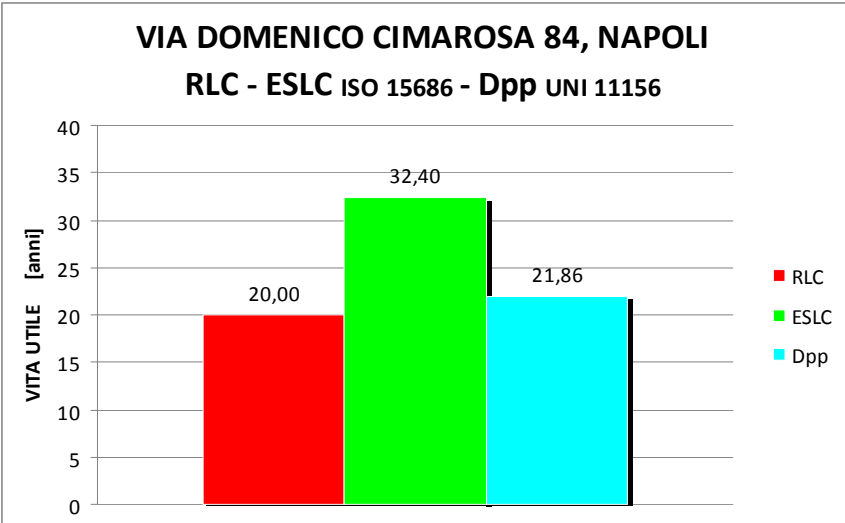
I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato RLC con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
20,00 [anni]	32,40 [anni]	21,86 [anni]	+ 62,00 [%]	+ 9,30 [%]



Più facilmente visualizzabili graficamente:



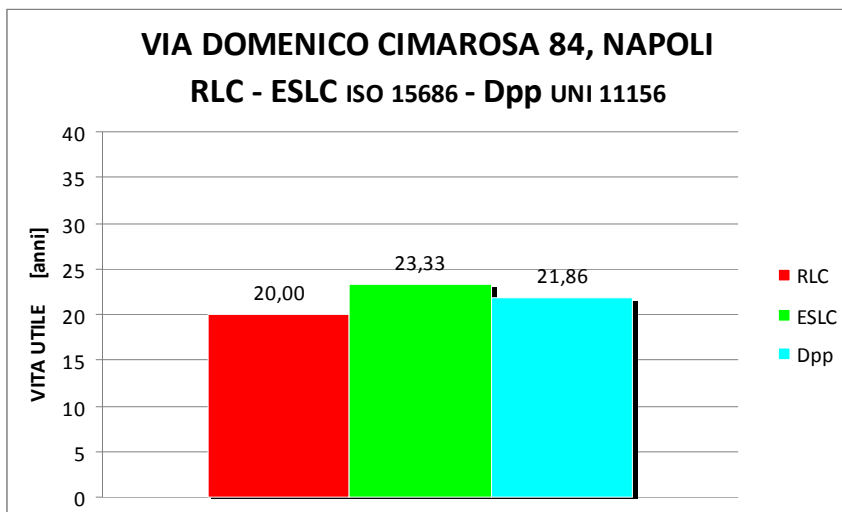
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 62,00 % ovvero di 12,40 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 9,30% ovvero di 1,86 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	23,33 [anni]	21,86 [anni]	+ 16,65 [%]	+ 9,30 [%]

Più facilmente visualizzabili graficamente:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 16,65 % ovvero di 3,33 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 9,30% ovvero di 1,86 anni in più rispetto alla RLC.

## 6.4 EDIFICIO 4 – Via Enrico Alvino 60

### 6.4.1 Scheda di rilievo

N° SCHEDA: 4a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Enrico Alvino 60, Napoli



Foto n. 10 - Facciata su Via Enrico Alvino

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**

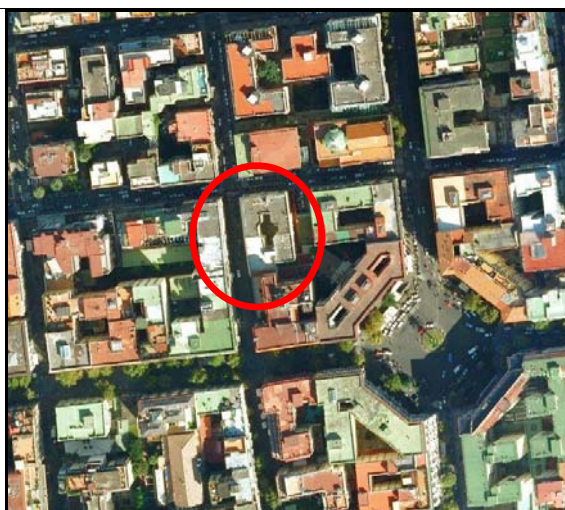
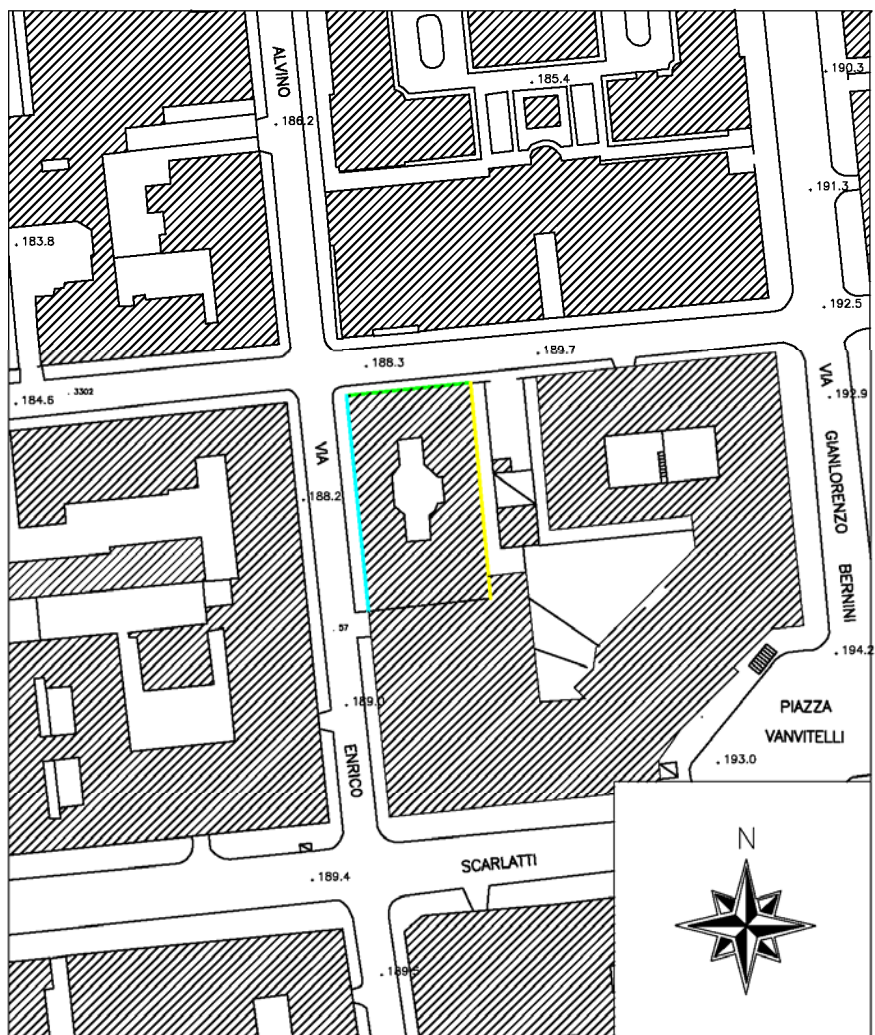


Foto n. 11 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Est      —

Prospetto Nord    —

Prospetto Ovest    —

Foto n. 12 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno agli inizi del 1900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadri a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio, intonaco bugnato e fasce marcapiano. Nella zona basamentale della facciata è presente della pietra vulcanica con lastre di altezza di circa 50 cm.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica; ha un'area di sedime di circa 1135 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 15 m. I piani fuori terra sono 4, per un volume lordo complessivo di circa 17025 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona collinare della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

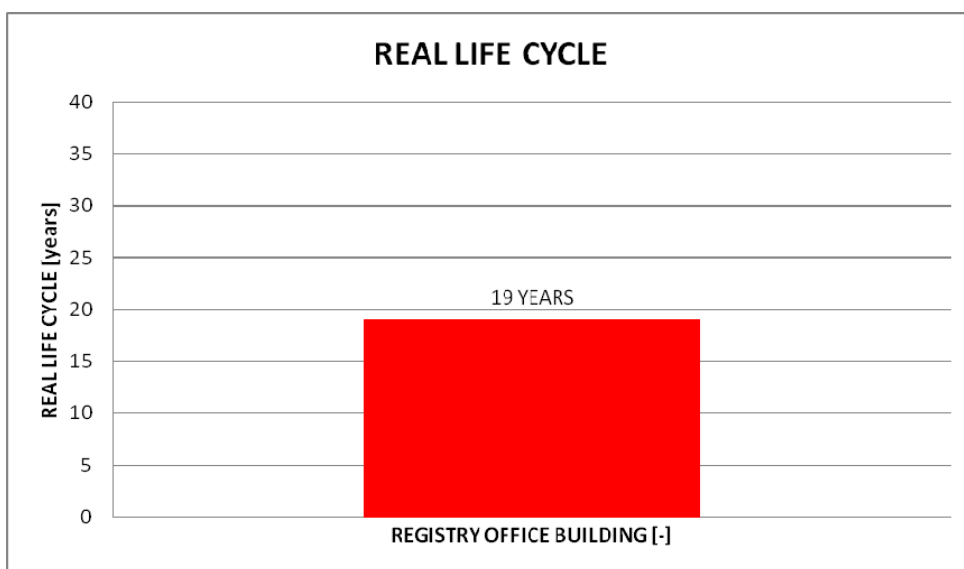
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>4</sup> : CHIUSURE		N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA		4b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1981	2° rilievo 2000
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4

<sup>4</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

#### 6.4.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1981 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2000, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.



La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

#### 6.4.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

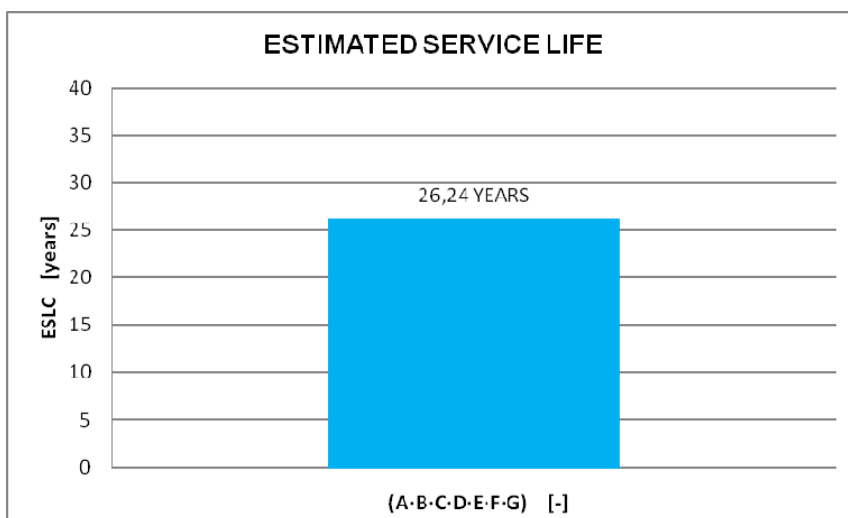
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,00
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,66
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>26,24</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

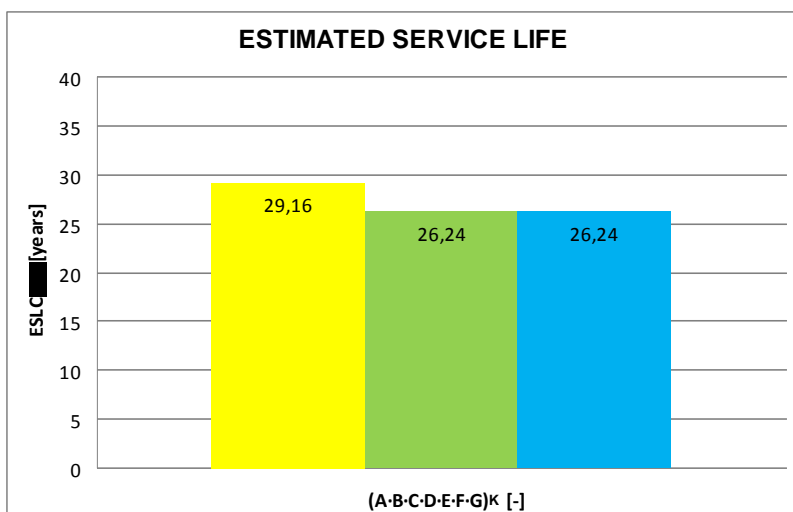




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>					
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT E</b>	<b>FRONT N</b>	<b>FRONT O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90	0,90	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90	0,90	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,00	1,00	1,00
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	1,00	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90	0,90	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>K</sub></b>			0,73	0,66	0,66
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00		
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>			<b>29,16</b>	<b>26,24</b>	<b>26,24</b>

Riportando i valori graficamente:



#### 6.4.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} + \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

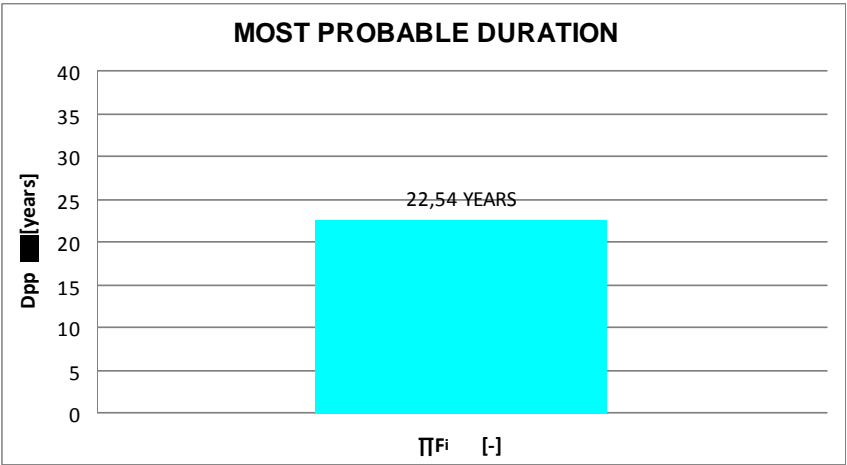
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b><math>D_{pp}</math> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE <math>F_i</math></b>		<b>FRONT O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b><math>F_1</math>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	$\Delta T$ daily	$\leq 13^\circ C$	10,00
	Rain/wind	$I=1,75$	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	$35\% \leq U.R. \leq 85\%$	5,00
TOTAL		<b><math>F_1</math></b>	<b><math>P_1</math></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b><math>F_2</math>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	O	1,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	$d < H$	5,00
TOTAL		<b><math>F_2</math></b>	<b><math>P_2</math></b>
		<b>1,11</b>	<b>20</b>
<b><math>F_3</math>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Verticale	10,00
	Extension	$< 400mq$	10,00
TOTAL		<b><math>F_3</math></b>	<b><math>P_3</math></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b><math>F_4</math>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	$L/H < 0,2$	5,00
	Balcony	$D/l = 0,240,4$	6,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b><math>F_4</math></b>	<b><math>P_4</math></b>
		<b>1,03</b>	<b>44,00</b>
$\prod F_{i,k}$		1,13	
$D_{mn}$ [years]		20,00	
<b><math>D_{pp,k}</math> [years]</b>		<b>22,54</b>	

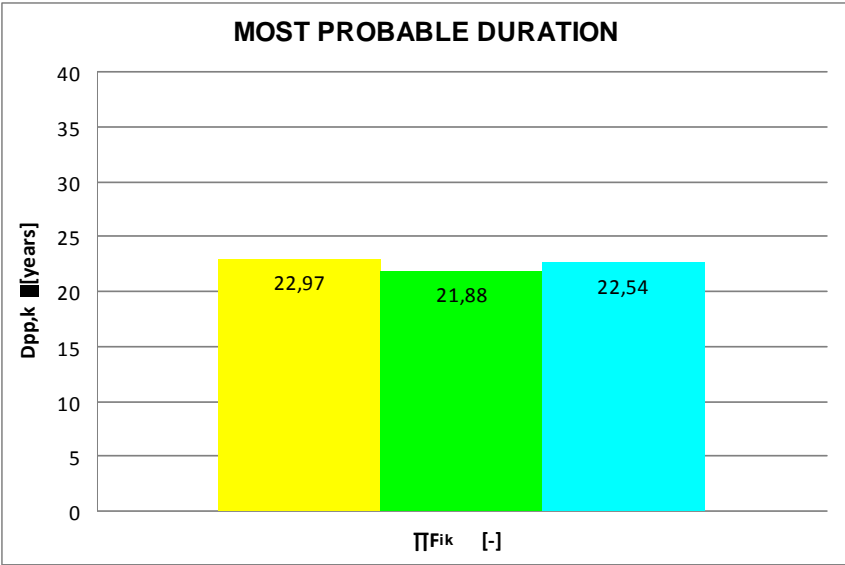
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>pp,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION							
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT E		FRONT N		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,75	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,03	40,75	0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	E	1,00	N	0,00	O	1,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00	Absent	10,00	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20	1,10	19	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	Absent	0,00	Absent	0,00	D/I=0,240,4	6,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,01	38,00	1,01	38,00	1,03	44,00
∑F <sub>ik</sub>		1,15		1,09		1,13	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00					
D <sub>pp,K</sub> [years]		22,97		21,88		22,54	

Evidenziando i risultati graficamente:



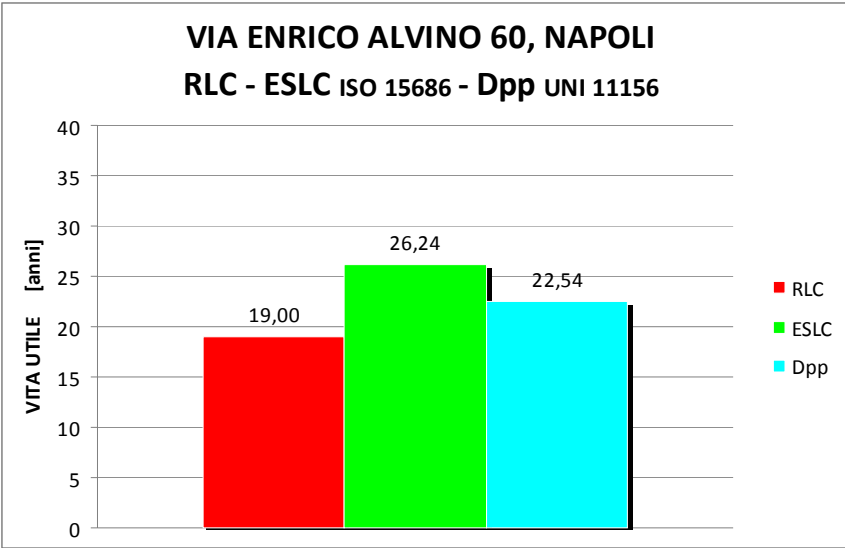
**6.4.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	26,24 [anni]	22,54 [anni]	+ 38,11 [%]	+ 18,63 [%]

Più facilmente visualizzabili graficamente:



I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

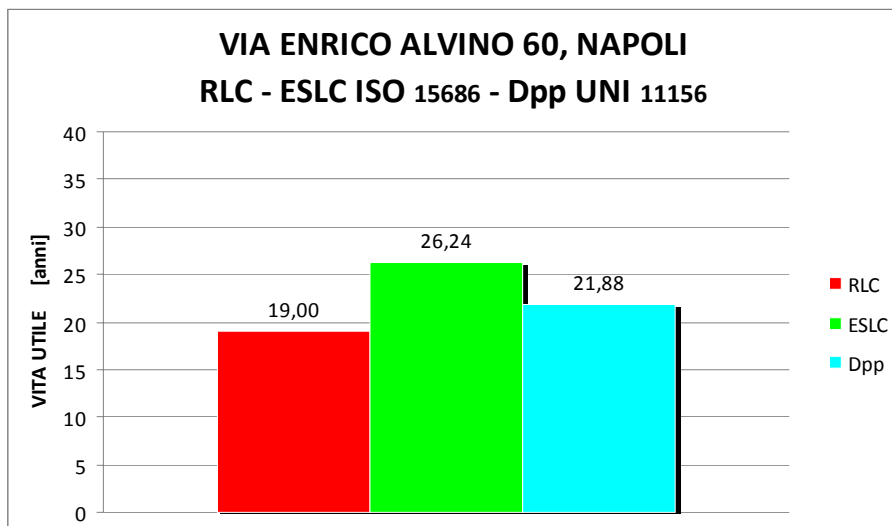
- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 38,11 % ovvero di 7,24 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta superiore del 18,63% ovvero di 3,54 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	26,24 [anni]	21,88 [anni]	+ 38,11 [%]	+ 15,16 [%]



Visualizzando i risultati graficamente:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 38,11 % ovvero di 7,24 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 15,16 % ovvero di 2,88 anni in meno rispetto alla RLC.

## 6.5 EIFICIO 5 – Vico Monteroduni 8

### 6.5.1 Scheda di rilievo

N° SCHEDA: 5a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Vico Monteroduni 8, Napoli



Foto n. 13 - Facciata su Vico Monteroduni

## UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:



Foto n. 14 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord - Ovest



Prospetto Nord - Est



Foto n. 15 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno agli inizi del 1900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrate a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato di colore grigio fino a due piani fuori terra e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che dà accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 85 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 20 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 1700 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

<b>SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:</b>
---

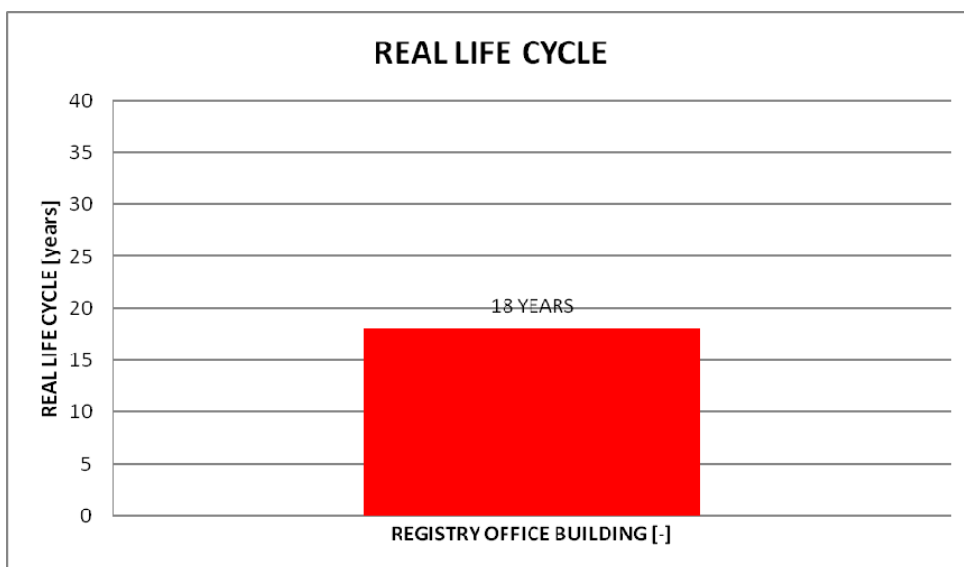
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>5</sup> : CHIUSURE		N° Scheda: 5b	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1982	2° rilievo 2000
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4

### 6.5.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1982 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2000, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.

---

<sup>5</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.5.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

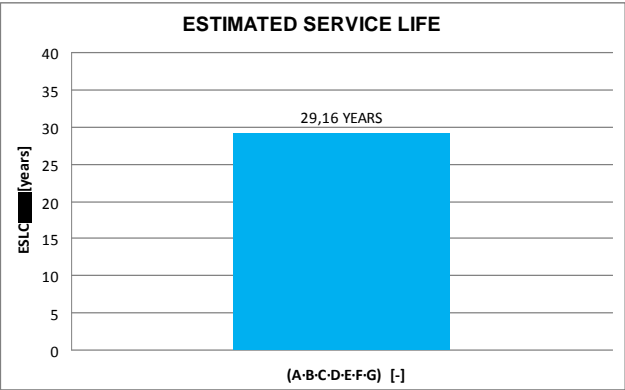
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell’edificio da luogo ai seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT			
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90
	B	Design level	1,00
	C	Work execution level	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00
	E	Outdoor environment	1,00
UTILIZATION	F	In-use conditions	1,00
	G	Maintenance of level	0,90
(A·B·C·D·E·F·G)			0,73
RSLC [YEARS]			40,00
ESLC [YEARS]			29,16

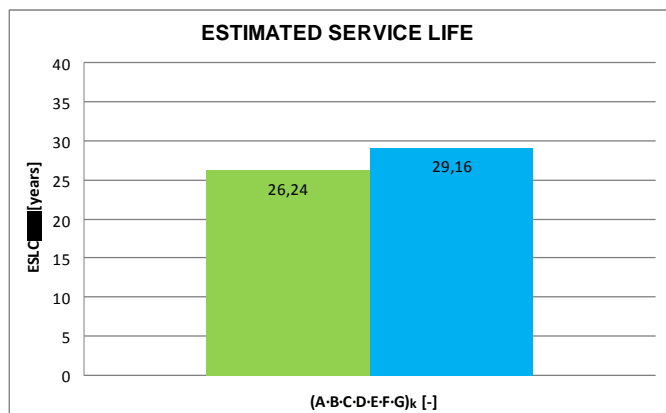
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l’applicazione del metodo a tutte le facciate dell’edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT				
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-E	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00
	C	Work execution level	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	1,00
UTILIZATION	F	In-use conditions	1,00	1,00
	G	Maintenance of level	0,90	0,90
$(A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)_K$			0,66	0,73
RSLC [YEARS]			40,00	
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			26,24	29,16

Riportando i valori graficamente:





#### 6.5.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_i^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo  $i$ -esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{min} - P_{mn}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l' $i$ -esimo coefficiente correttivo (corrispondente all' $i$ -esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

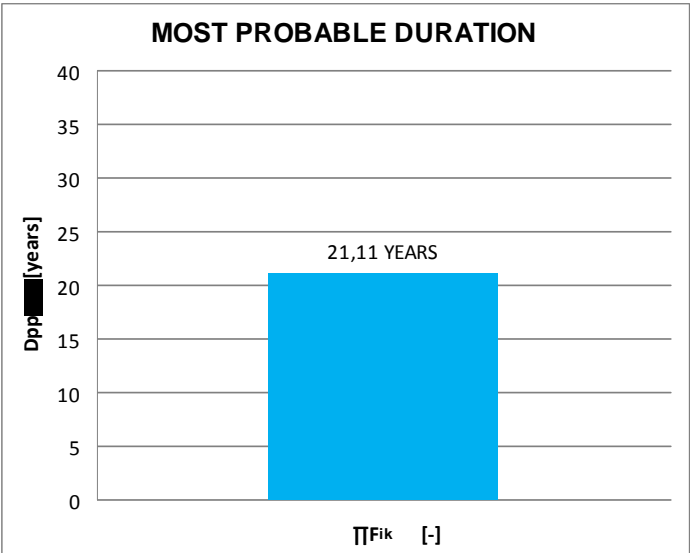
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della D<sub>mn</sub> sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,05	15,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,02	41,00
∑F <sub>i</sub>		1,06	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
D <sub>pp,K</sub> [years]		21,11	

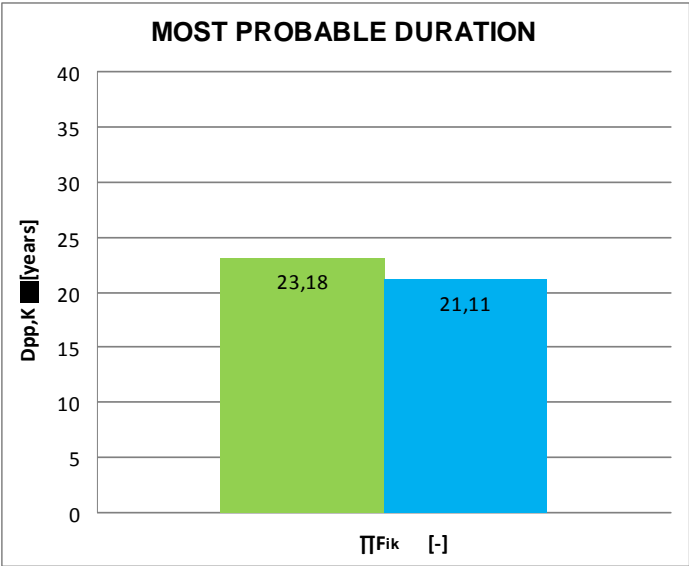
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,75	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,03	40,75	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIROMENTAL FACTORS	Exposure	N-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	Free front	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,05	15,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,02	41,00	1,02	41,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,16		1,06	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		23,18		21,11	

Evidenziando i risultati graficamente:



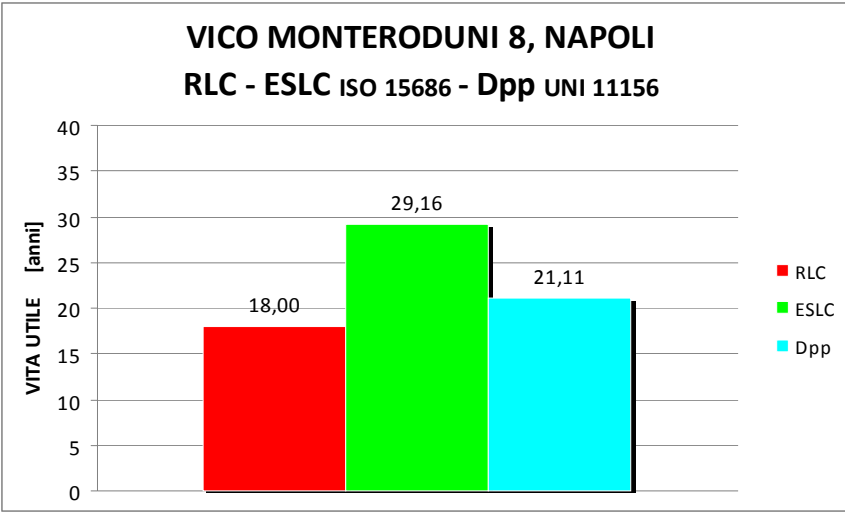
**6.5.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [anni]	29,16 [anni]	21,11 [anni]	+ 62,00 [%]	+ 17,28 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



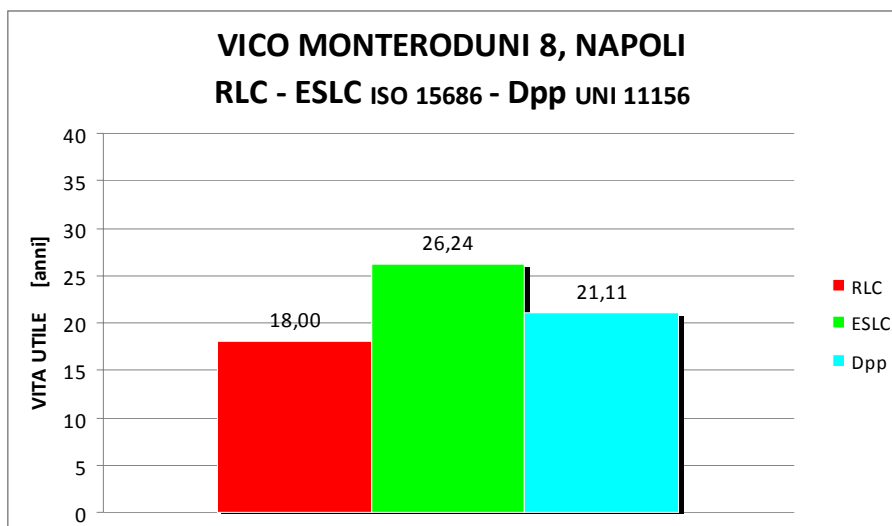
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 62,00% ovvero di 11,16 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 17,28 % ovvero di 3,11 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	26,24 [anni]	21,11 [anni]	+ 45,78 [%]	+ 17,28 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere maggiore del 45,78 % ovvero di 8,24 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 17,28 % ovvero di 3,11 anni in più rispetto alla RLC.



## 6.6 EDIFICIO 6 - Via Chiaia 142.

### 6.6.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 6a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Chiaia 142, Napoli



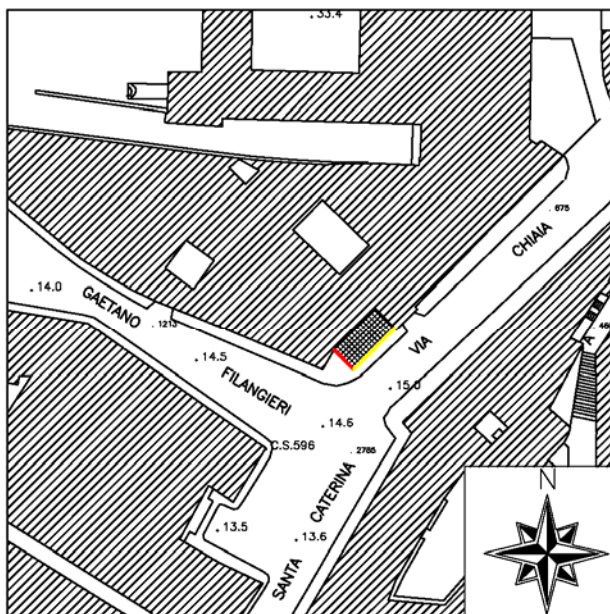
Foto n. 16 - Facciata su Via Chiaia

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 17 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud - Ovest \_\_\_\_\_

Prospetto Sud - Est \_\_\_\_\_

Foto n. 18 – Planimetria generale

### DATI STORICI:

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno alla fine del 700.

### CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato fino al primo piano e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica di colore grigio, che si ritrova lungo gli spigoli angolari dell'edificio.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 65 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 20 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 1300 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

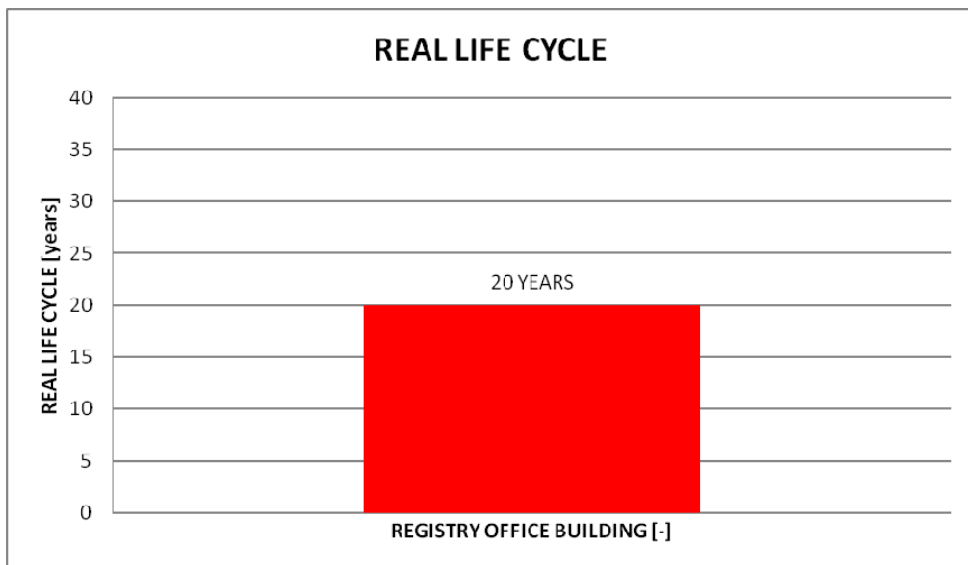
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>6</sup> : CHIUSURE			N° Scheda: 6b	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA				
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1981	2° rilievo 2001	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

**6.6.2 La vita utile reale dell'intonaco.**

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1981 il componente edilizio intonaco si trovava

<sup>6</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2001, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 20 anni.



La RLC = 20 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.6.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

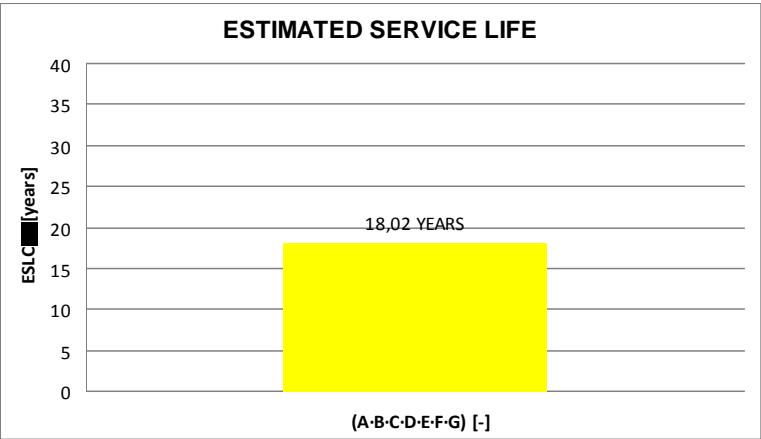
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per

componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,80
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	0,80
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,80
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,10
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	1,00
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,45
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>18,02</b>

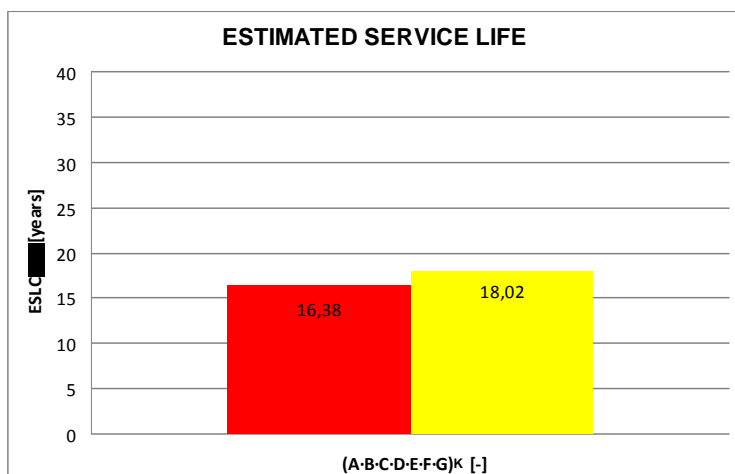
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-O</b>	<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,80	0,80
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	0,80	0,80
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,80	0,80
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	1,00	1,10
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	1,00	1,00
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>k</sub></b>			0,41	0,45
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	
<b>ESLC<sub>k</sub> [YEARS]</b>			<b>16,38</b>	<b>18,02</b>

Riportando i valori graficamente:



#### 6.6.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

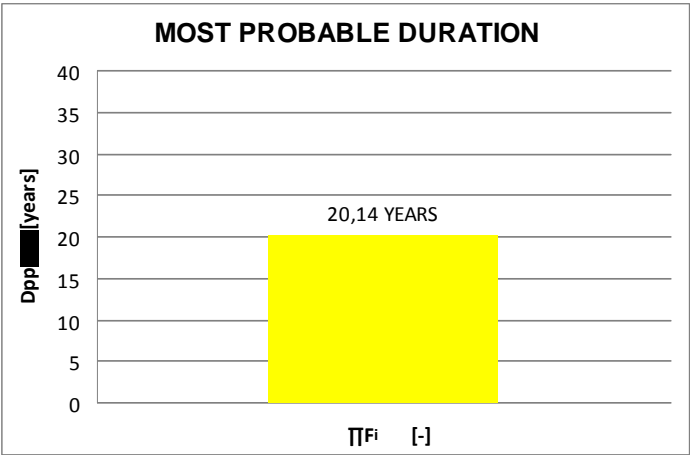
$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00



Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	50m<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>11,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,02</b>	<b>41,00</b>
ΠF <sub>i,k</sub>		1,01	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp,k</sub> [years]</b>		<b>20,14</b>	

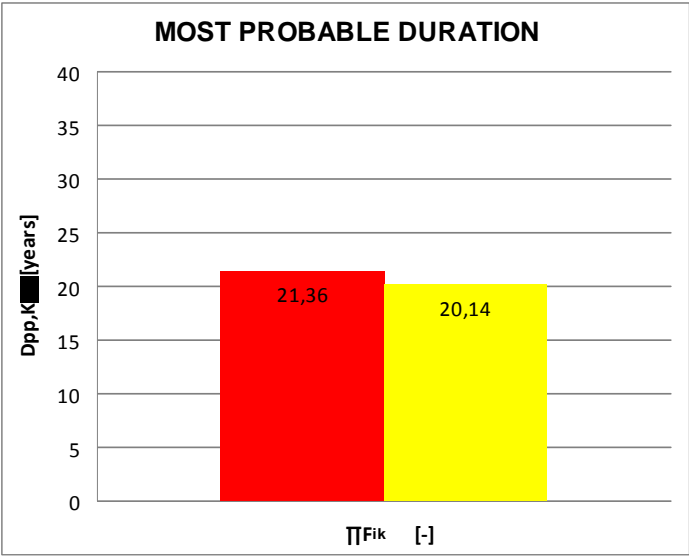
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S-E	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S-E	3,00
	Overlooking the sea	50m<d≤500m	4,00	50m<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	Free front	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,06	16,00	1,00	11,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2	3,00	D/l<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,02	41,00	1,02	41,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,07		1,01	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		21,36		20,14	

Evidenziando i risultati graficamente:

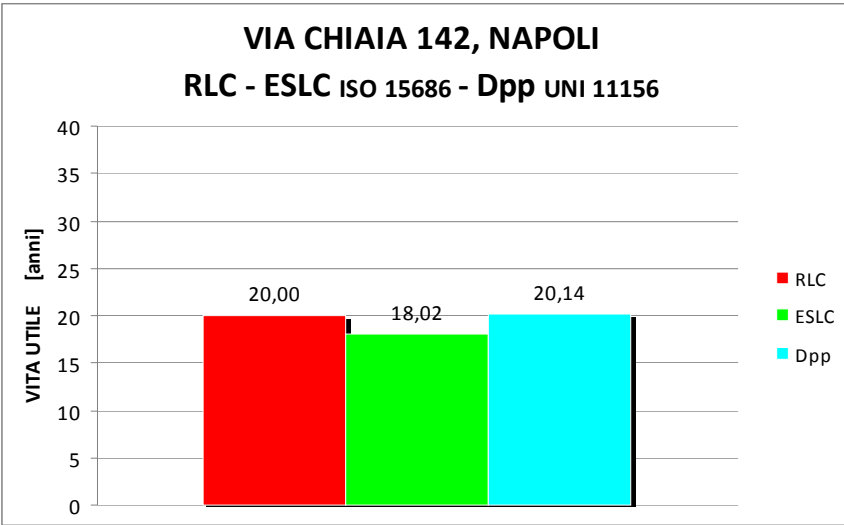


**6.6.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali. Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
20,00 [anni]	18,02 [anni]	20,14 [anni]	- 9,90 [%]	+ 0,70 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



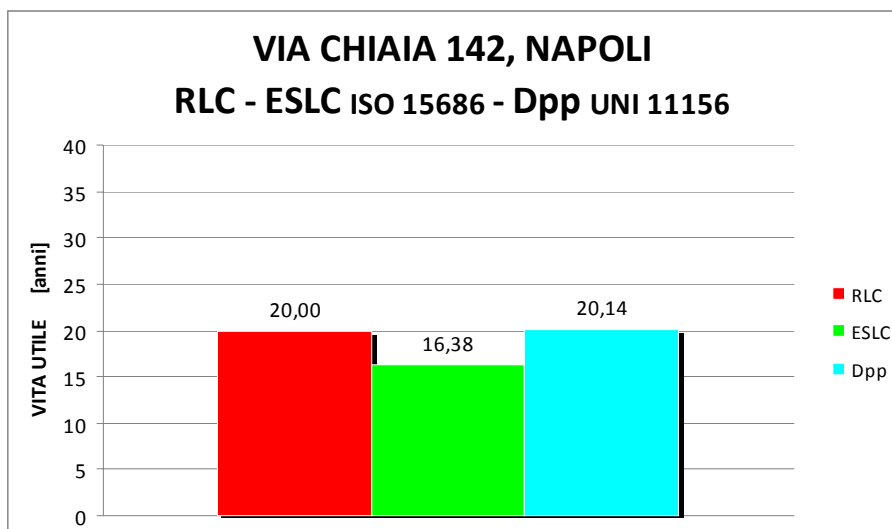
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 9,90 % ovvero di 1,98 anni in meno della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dello 0,70% ovvero di 0,14 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	16,38 [anni]	20,14 [anni]	- 18,10 [%]	+ 0,70 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 18,10 % ovvero di 3,62 anni in meno della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dello 0,70 % ovvero di 0,14 anni in più rispetto alla RLC.

## 6.7 EDIFICIO 7 – Via Luigia San Felice 21

### 6.7.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 7a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Luigia San Felice 21, Napoli



Foto n. 19 - Facciata su Via Luigia San Felice

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 20 – Inquadramento territoriale



## Prospetto Nord

Prospetto Ovest \_\_\_\_\_

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno agli inizi del 1900.

### CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore rosso pompeiano, fasce marcapiano di colore grigio fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 445 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 17 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 7565 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

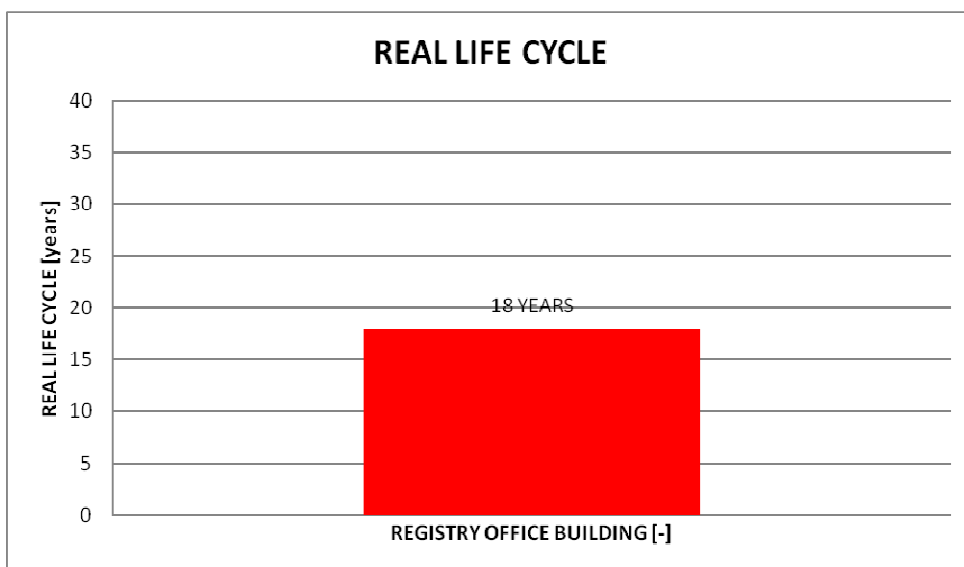
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>1</sup> : CHIUSURE		N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA		7b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1990	2° rilievo 2008
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4

**6.7.2 La vita utile reale dell'intonaco.**

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1990 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2008, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.

<sup>1</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.7.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

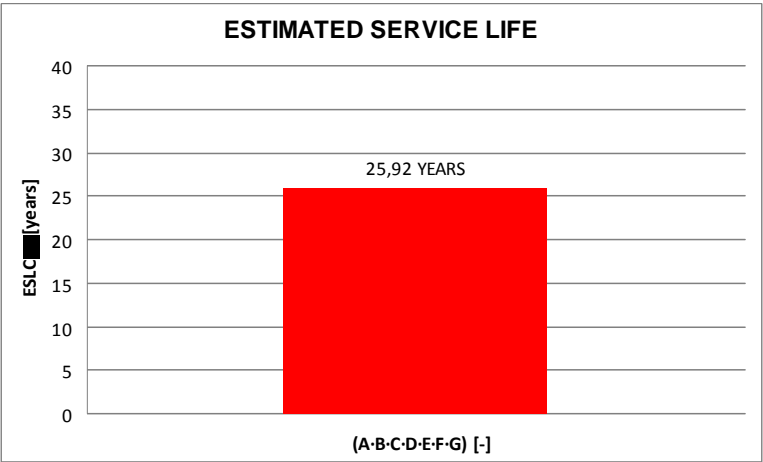
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,65
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,92</b>

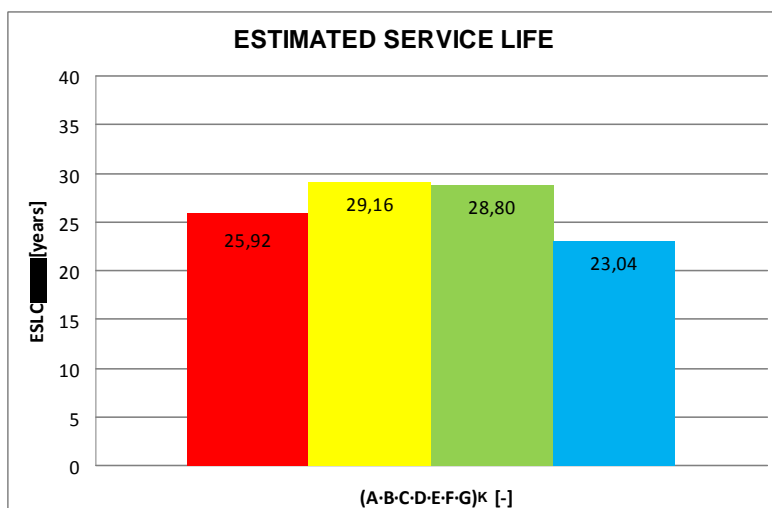
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT						
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S	FRONT E	FRONT N	FRONT O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,90	0,80	0,80
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	1,00	0,80
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90	0,90
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,65	0,73	0,72	0,58
RSLC [YEARS]			40,00			
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			25,92	29,16	28,80	23,04

Riportando i valori graficamente:



#### 6.7.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli

inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

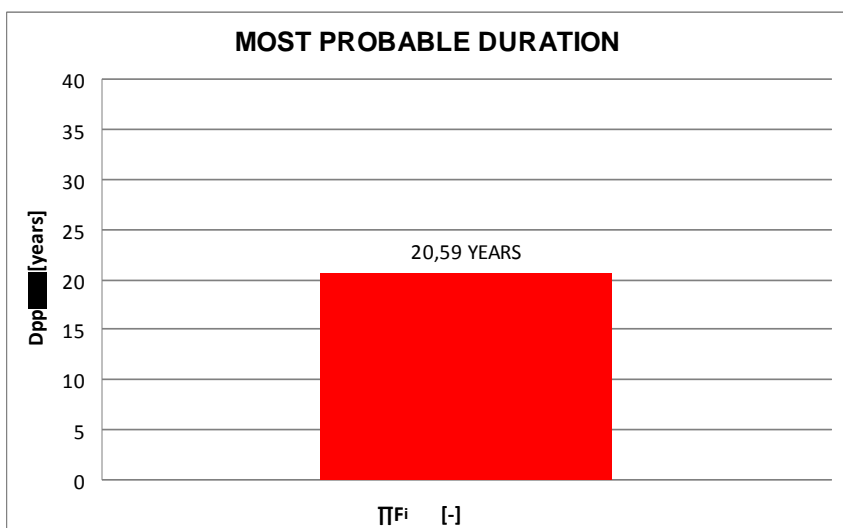
$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,08</b>	<b>18</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>0,97</b>	<b>20</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>33,00</b>
<b>∏F<sub>i,k</sub></b>		1,03	
<b>D<sub>mn</sub> [years]</b>		20,00	
<b>D<sub>pp,k</sub> [years]</b>		<b>20,59</b>	

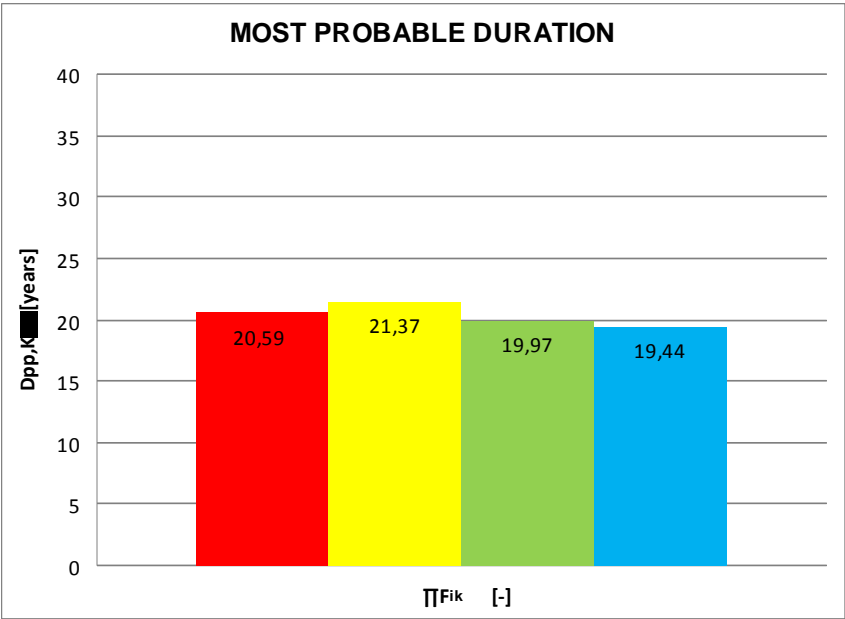
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati raccolti nella successiva tabella:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION									
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S		FRONT E		FRONT N		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	l=1,75	8,50	l=1,75	12,75	l=1,75	8,50	l=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	1,03	40,75	0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S	1,00	E	1,00	N	0,00	O	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	Free front	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,08	18	1,08	18	1,07	17	1,02	13
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00	Flat >6	3,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2	3,00	D/l<0.2	3,00	Absent	0,00	D/l<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	27,00	0,99	33,00
ITF <sub>i,k</sub>		1,03		1,07		1,00		0,97	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00							
D <sub>PP,K</sub> [years]		20,59		21,37		19,97		19,44	

Evidenziando i risultati graficamente:



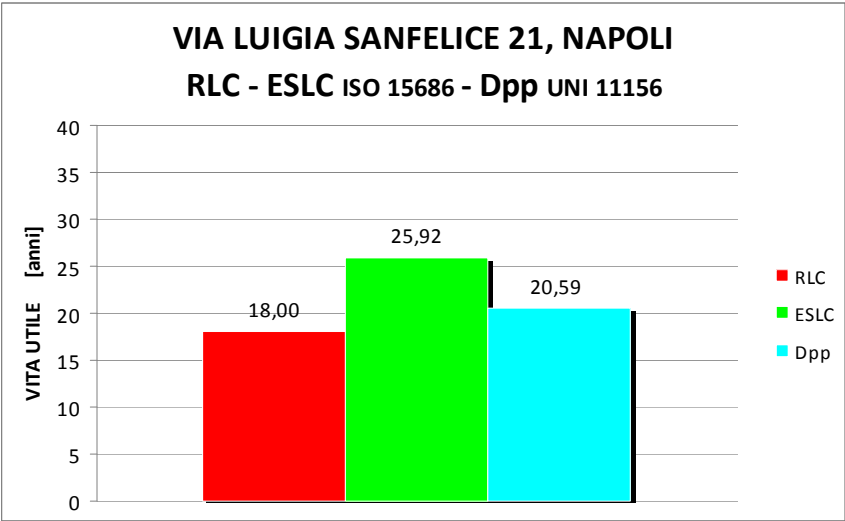
**6.7.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	25,92 [anni]	20,59 [anni]	+ 44,00 [%]	+ 12,17 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



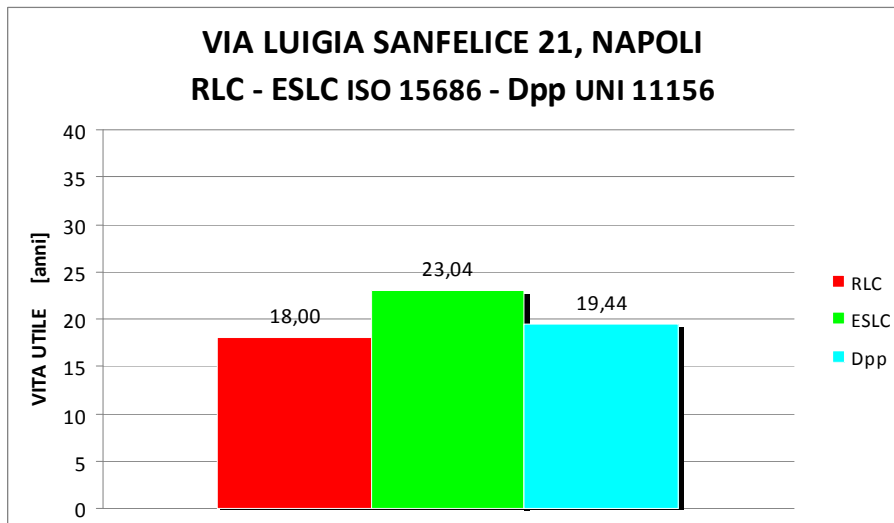
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 44,00% ovvero di 7,92 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta superiore del 12,17% ovvero di 2,59 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	23,04 [anni]	19,44 [anni]	+ 28,00 [%]	+ 8,00 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 28,00 % ovvero di 5,04 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 8,00% ovvero di 1,44 anni in più rispetto alla RLC.

## **6.8 EDIFICIO 8 - Via Enrico Alvino 2.**

### **6.8.1 Scheda di rilievo.**

N° SCHEDA: 8a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Enrico Alvino 2, Napoli



Foto n. 22 - Facciata su Via Enrico Alvino

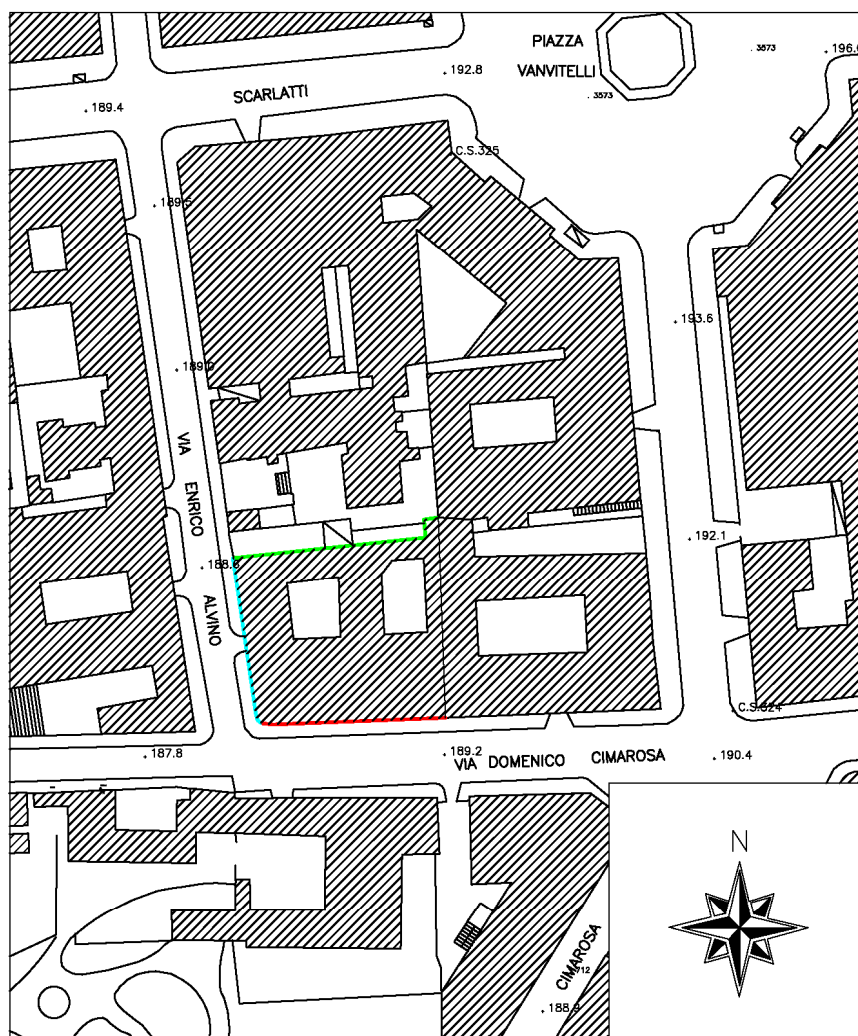
**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 23 – Inquadramento territoriale



## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud —

Prospetto Nord —

Prospetto Ovest —

Foto n. 24 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno agli inizi del 1900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadri a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio fatta eccezione per la zona basamentale fino al primo piano fuori terra realizzata con zoccolatura e intonaco bugnato di colore grigio e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 1335 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 15 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 20025 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona collinare della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

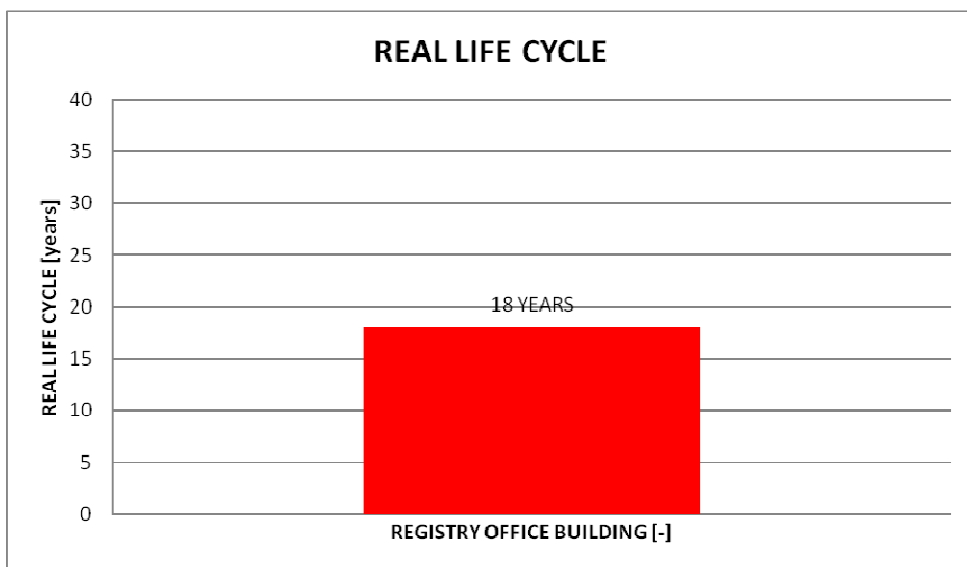
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>2</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			8b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1990	2° rilievo 2008	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
Intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>2</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.8.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1990 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2008, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.8.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

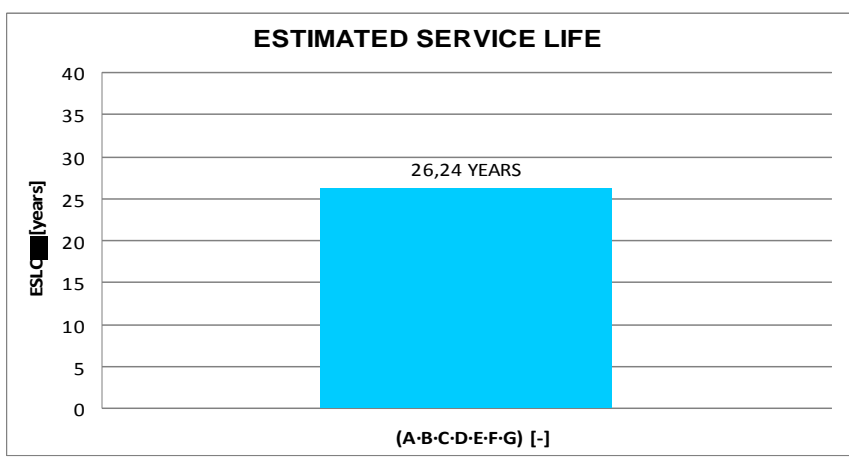
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,66
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>26,24</b>

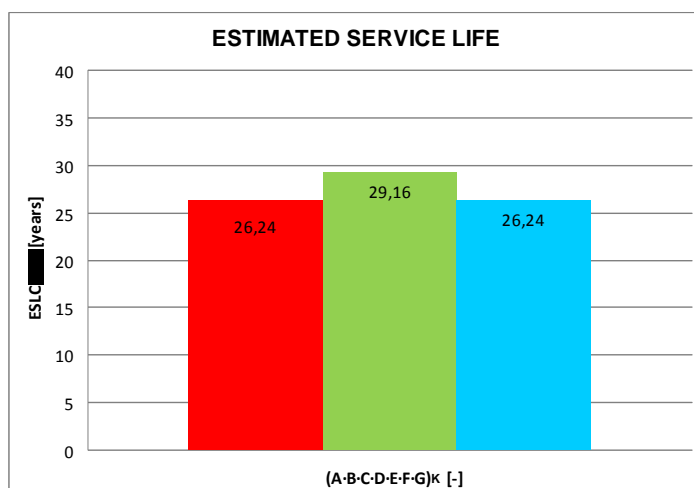
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT					
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S	FRONT N	FRONT O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	0,90	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	1,00	0,90
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90
$(A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)_K$			0,66	0,73	0,66
RSLC [YEARS]			40,00		
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			26,24	29,16	26,24

Riportando i valori graficamente:



#### 6.8.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali (Fi). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

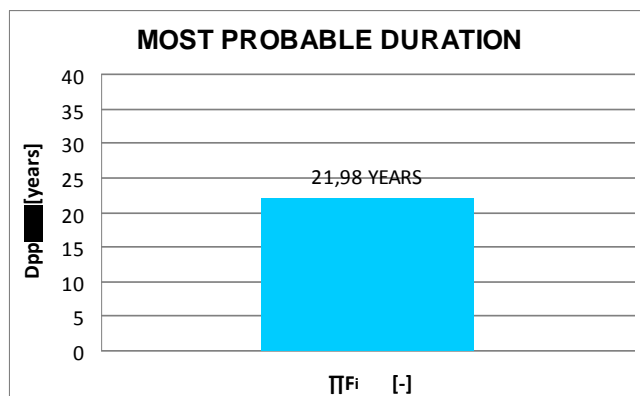
$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	O	1,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,11</b>	<b>20,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H=0,240,4	6,00
	Balcony	D/I=0,2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>36,00</b>
<b>∏F<sub>i,k</sub></b>		<b>1,10</b>	
<b>D<sub>mr</sub> [years]</b>		<b>20,00</b>	
<b>D<sub>pp,k</sub> [years]</b>		<b>21,98</b>	

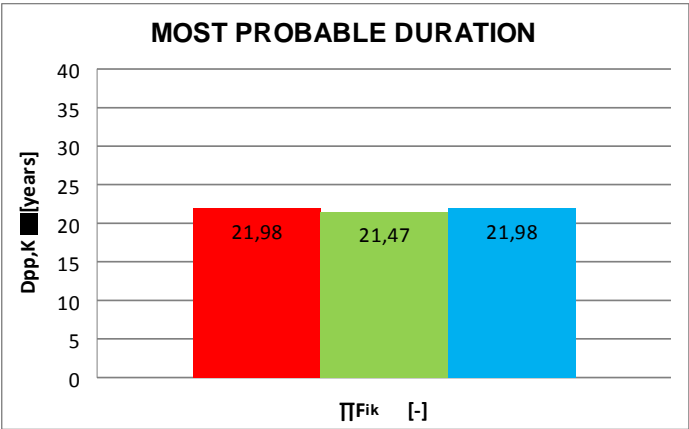
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION							
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S		FRONT N		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S	1,00	N	0,00	O	1,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00	Absent	10,00	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,10	19,00	1,11	20,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H=0,240,4	6,00	L/H=0,240,4	6,00	L/H=0,240,4	6,00
	Balcony	D/I=0,2	3,00	D/I=0,2	3,00	D/I=0,2	3,00
	Base of the building	Muratura not isolated from the ground	2,00	Muratura not isolated from the ground	2,00	Muratura not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00	String courses, windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00	String courses, windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,00	36,00	0,99	32,00	1,00	36,00
ITF <sub>i,k</sub>		1,10		1,07		1,10	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00					
D <sub>PP,K</sub> [years]		21,98		21,47		21,98	

Evidenziando i risultati graficamente:



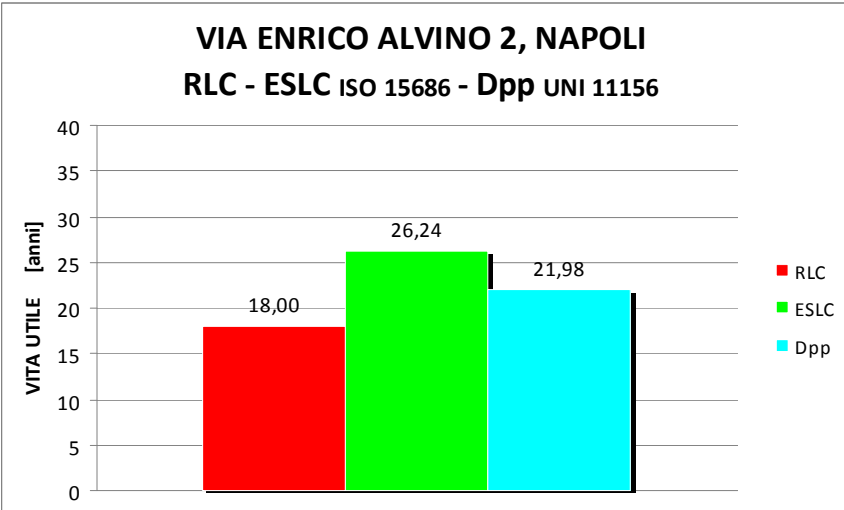
**6.8.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [anni]	26,24 [anni]	21,98 [anni]	+ 45,78 [%]	+ 22,11 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



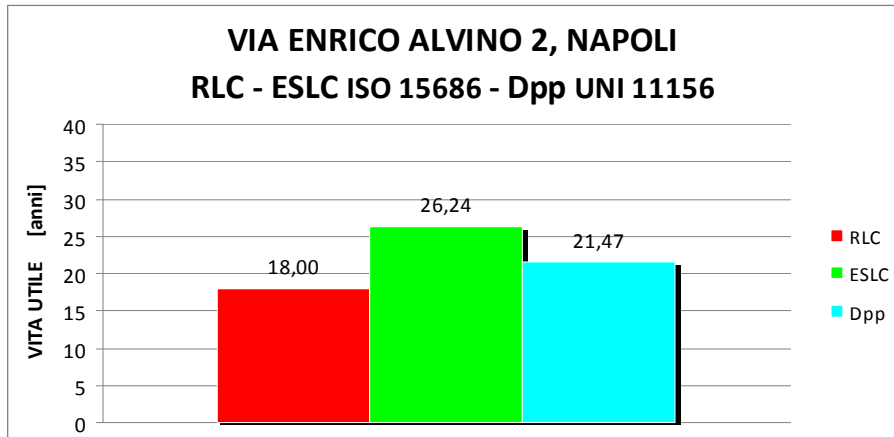
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 45,78% ovvero di 8,24 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dello 22,11% ovvero di 3,98 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	26,24 [anni]	21,47 [anni]	+ 45,78 [%]	+ 19,28 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 45,78 % ovvero di 8,24 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 19,28% ovvero di 3,47 anni in più rispetto alla RLC.

## **6.9 EDIFICIO 9 - Via Giuseppe Martucci 10.**

### **6.9.1 Scheda di rilievo.**

N° SCHEDA: 9a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Giuseppe Martucci 10, Napoli



Foto n. 25 - Facciata su Via Giuseppe Martucci

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**

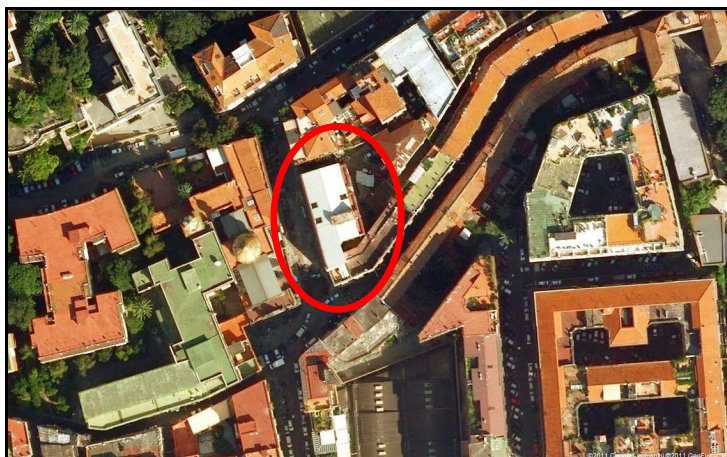
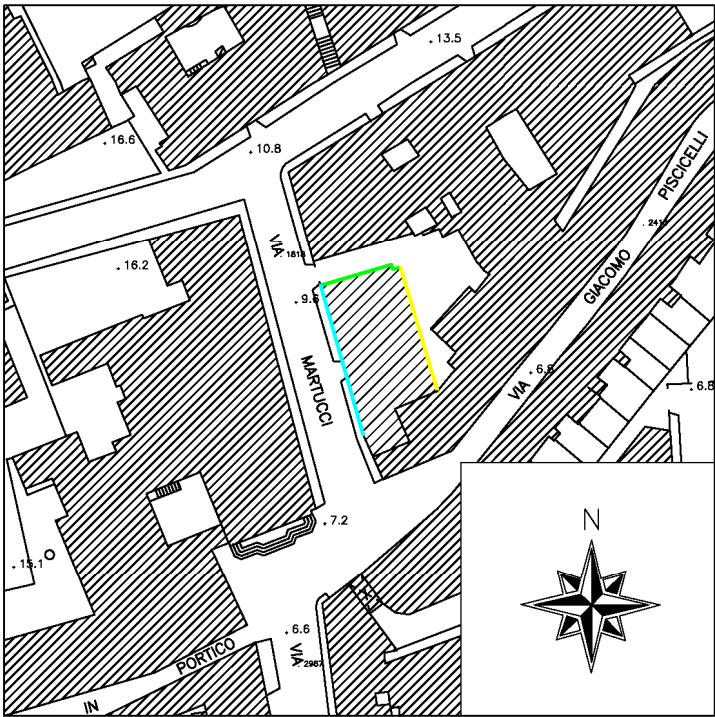


Foto n. 26 – Inquadramento territoriale

PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



- Prospetto Est      —————
- Prospetto Nord    —————
- Prospetto Ovest   —————

Foto n. 27 – Planimetria generale



**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno alla fine del 1800.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadri a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore giallo, fasce marcapiano in pietra di piperno, fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato. Osservando il prospetto principale si nota infatti che esso presenta alla base una fascia di bugnato per metà del primo piano fuori terra, il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 500 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 20 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 10000 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

<b>SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:</b>
---

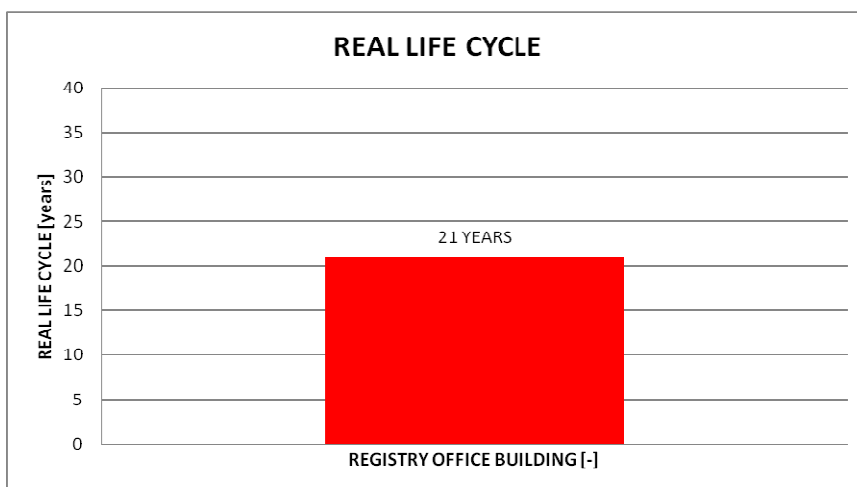
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>3</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			9b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1988	2° rilievo 2009	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

### 6.9.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1988 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2009, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 21 anni.

---

<sup>3</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 21 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.9.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

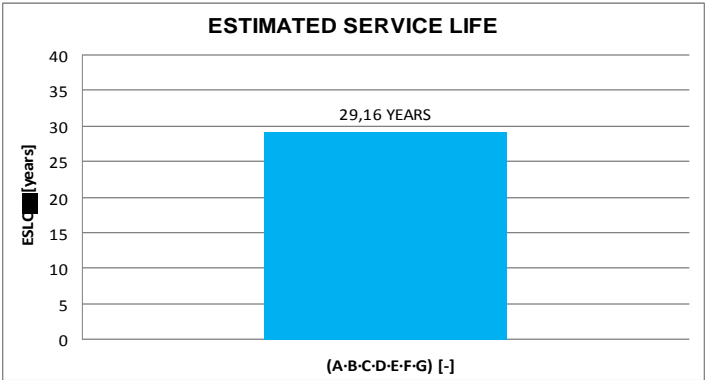
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,73
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>29,16</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

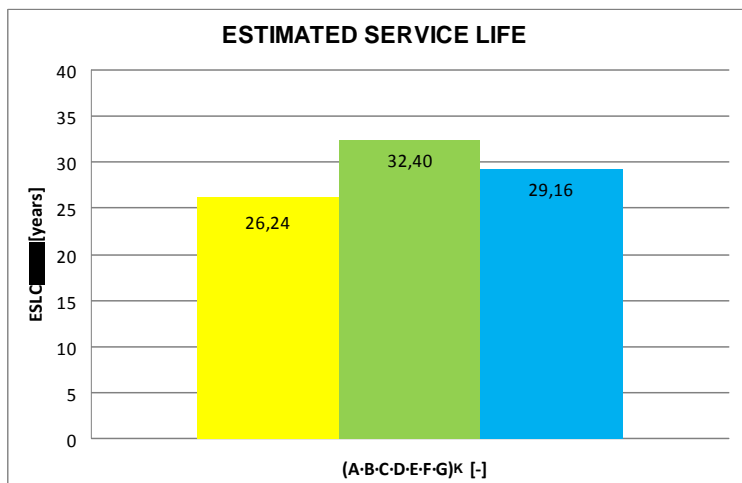


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT					
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT E	FRONT N	FRONT O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	0,90	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	1,00	0,90
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,66	0,81	0,73

<b>RSLC [YEARS]</b>	40,00		
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>	<b>26,24</b>	<b>32,40</b>	<b>29,16</b>

Riportando i valori graficamente:



#### 6.9.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in

seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali (Fi). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{\min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{mn}) \right]$$

$$F_{\max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- Pmax: valore massimo complessivo;
- Pmin: valore minimo complessivo;
- Pmn: valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50

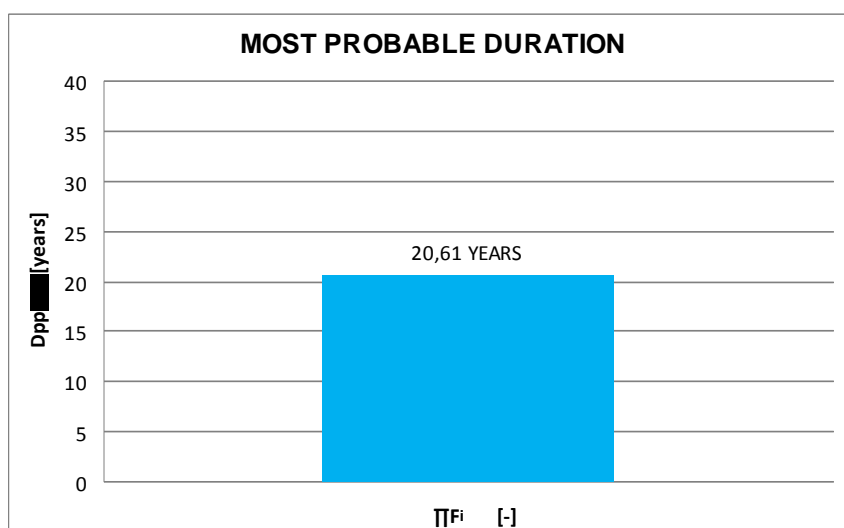
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



D <sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	O	1,00
	Overlooking the sea	50m<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,04	14,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,00	37,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,03	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
D <sub>pp,k</sub> [years]		20,61	

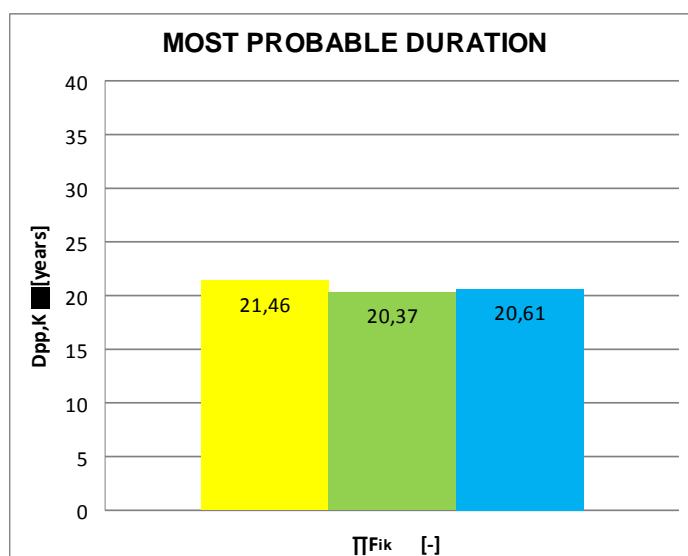
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION							
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT E		FRONT N		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,75	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,03	40,75	0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	E	1,00	N	0,00	O	1,00
	Overlooking the sea	50m<d≤500m	4,00	50m<d≤500m	4,00	50m<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,04	14,00	1,02	13,00	1,04	14,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	Absent	0,00	D/I<0.2	3,00	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	String courses, windows	16,00	String courses, windows	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,01	38,00	1,00	37,00	1,00	37,00
ITF <sub>i,k</sub>		1,07		1,02		1,03	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00					
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,46		20,37		20,61	

Evidenziando i risultati graficamente:



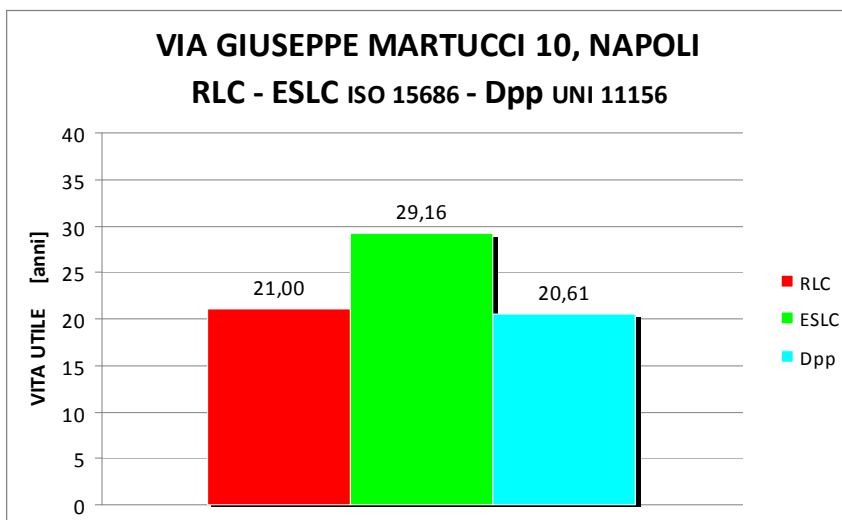
### 6.9.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
21,00 [anni]	29,16 [anni]	20,61 [anni]	+ 38,86 [%]	- 1,86 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



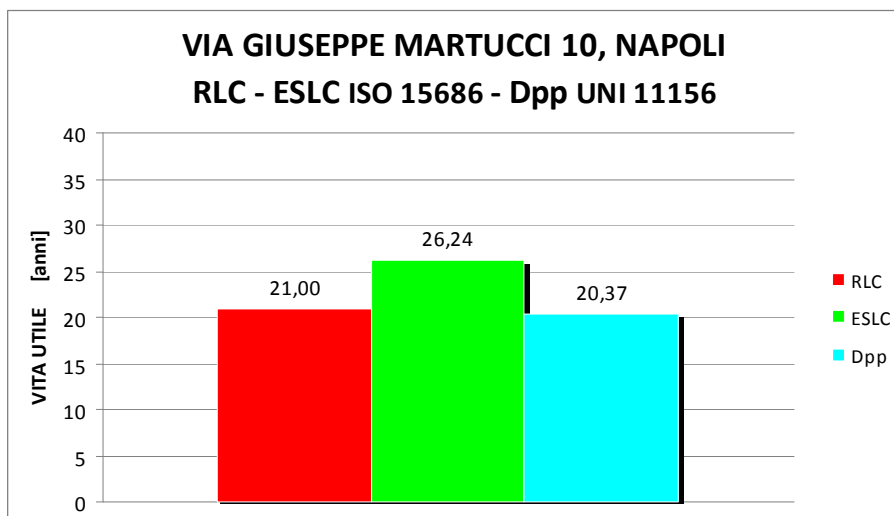
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 38,86% ovvero di 8,16 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore dello 1,86% ovvero di 0,39 anni in meno rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
21,00 [anni]	26,24 [anni]	20,37 [anni]	+ 24,95 [%]	- 3,00 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 24,95 % ovvero di 5,24 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 3,00 % ovvero di 0,63 anni in meno rispetto alla RLC.

## 6.10 EDIFICIO 10 – Corso Chiaiano 44.

### 6.10.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 10a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Corso Chiaiano 44, Napoli



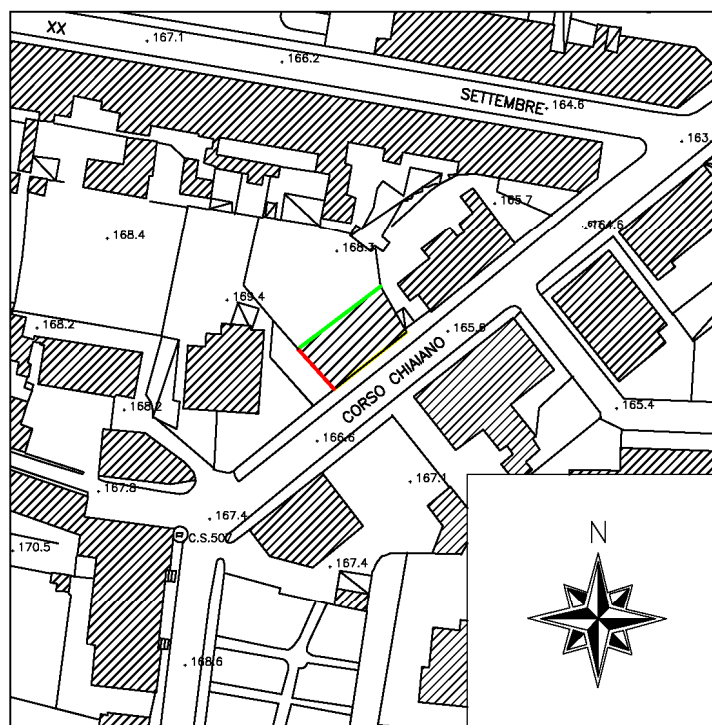
Foto n. 28 - Facciata su Corso Chiaiano

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 29 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud - Ovest



Prospetto Sud - Est



Prospetto Nord - Ovest



Foto n. 30 – Planimetria generale



**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno alla seconda metà del 1900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, realizzati in calcestruzzo armato. Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore rosa ed arricciature in alcune zone. La zona basamentale realizzata con intonaco bugnato e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 198 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 12 m. I piani fuori terra sono 3, per un volume lordo complessivo di circa 2376 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

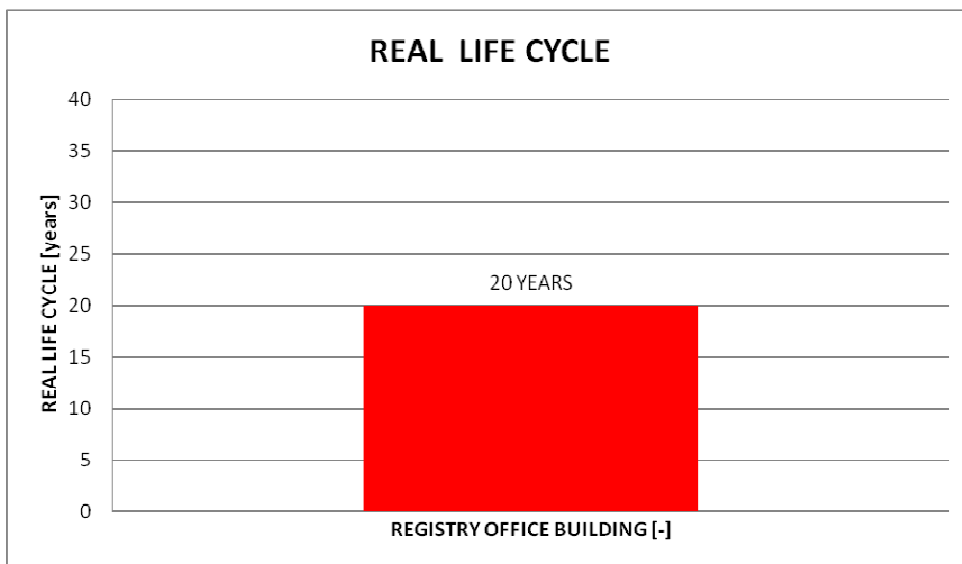
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>4</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			10b
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)	
		1° rilievo 1982	2° rilievo 2002
pietra naturale/ marmo		-	-
materiali incollati		-	-
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio, bugnato	stato 1	stato 4

<sup>4</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.10.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1982 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2002, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 20 anni.



La RLC = 20 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.10.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

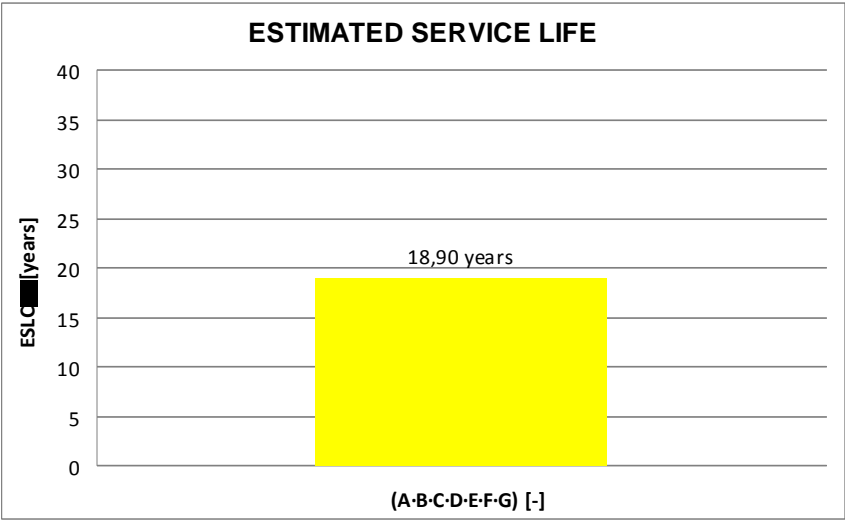
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	0,90
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,47
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>18,90</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

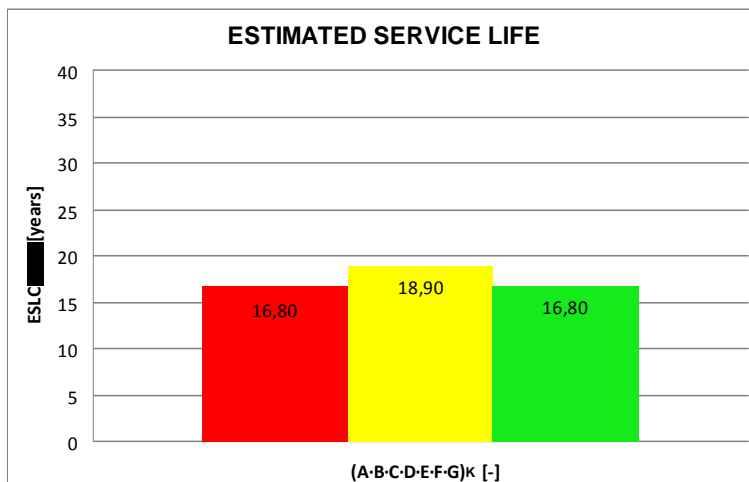


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT					
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S-O	FRONT S-E	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	0,90	0,90	0,90
	C	Work execution level	0,90	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,90	0,80
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,42	0,47	0,42

<b>RSLC [YEARS]</b>	40,00		
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>	16,80	18,90	16,80

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.10.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli

inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

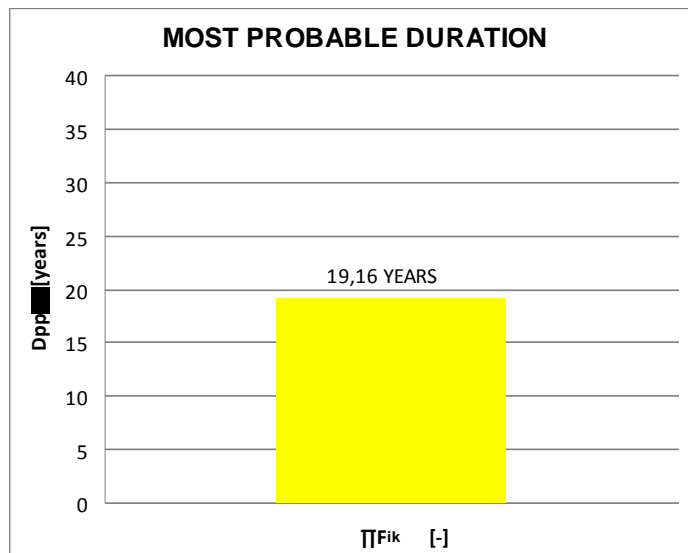
$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>0,95</b>	<b>7,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,02</b>	<b>41,00</b>
Π F <sub>i</sub>		0,96	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>19,16</b>	

La rappresentazione grafica risulta:

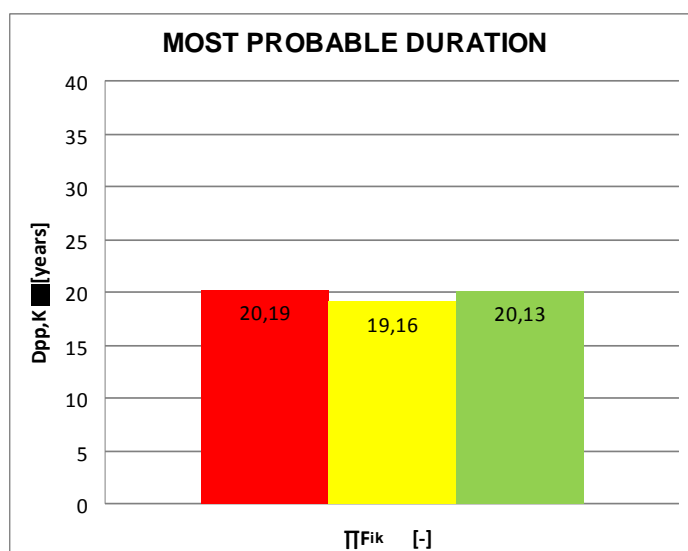




Estendendo l'applicazione del metodo a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION							
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	0,99	36,5	0,99	36,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	Absent	10,00	Absent	10,00	Absent	10,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	Front free	0,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,01	12,00	0,95	7,00	1,01	12,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	Absent	0,00	D/l<0.2	3,00	D/l<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,01	38,00	1,02	41,00	1,00	37,00
TTF <sub>ik</sub>		1,01		0,96		1,01	
D <sub>min</sub> [years]		20,00					
D <sub>PP,K</sub> [years]		20,19		19,16		20,13	

Evidenziando i risultati graficamente:



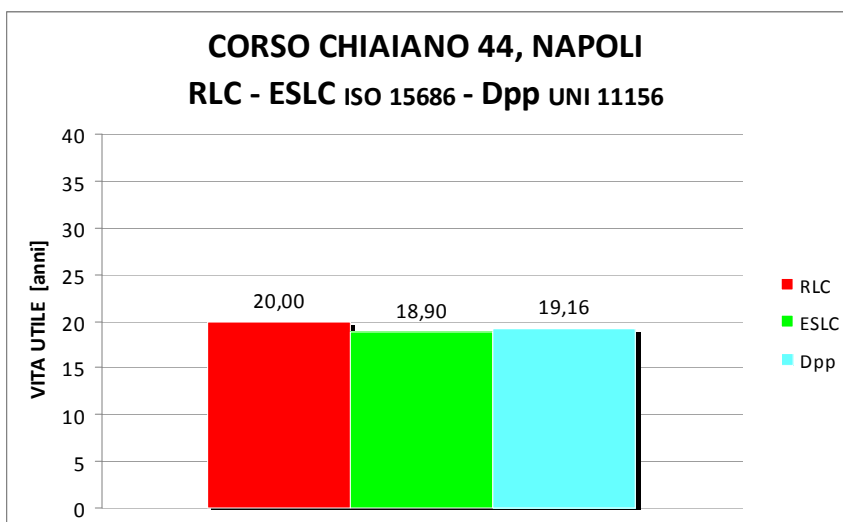
#### 6.10.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
20,00 [anni]	18,90 [anni]	19,16 [anni]	- 5,50 [%]	- 4,20 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



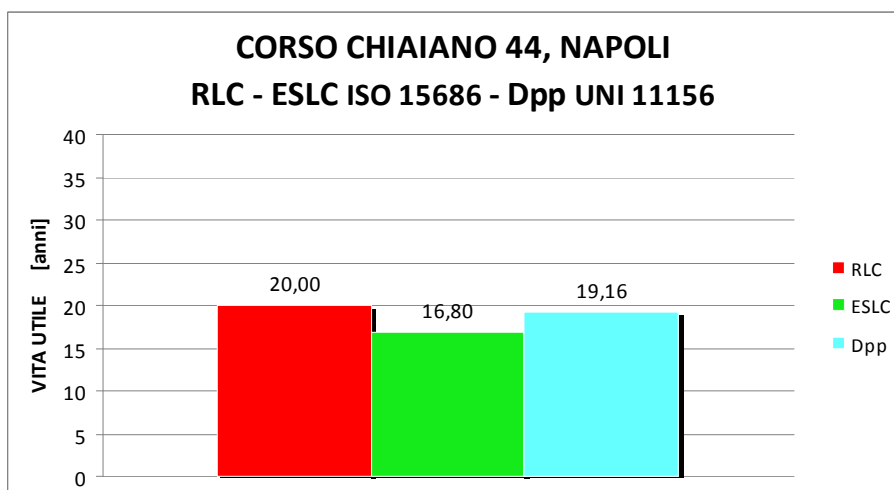
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 5,50% ovvero di 1,10 anni in meno della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 4,20% ovvero di 0,84 anni in meno rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	16,80 [anni]	19,16 [anni]	- 16,00 [%]	- 4,20 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 16,00 % ovvero di 3,20 anni in meno della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 4,20 % ovvero di 0,84 anni in meno rispetto alla RLC.

## 6.11 EDIFICIO 11 – Via Posillipo 1-2.

### 6.11.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 11a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Posillipo 1-2, Napoli



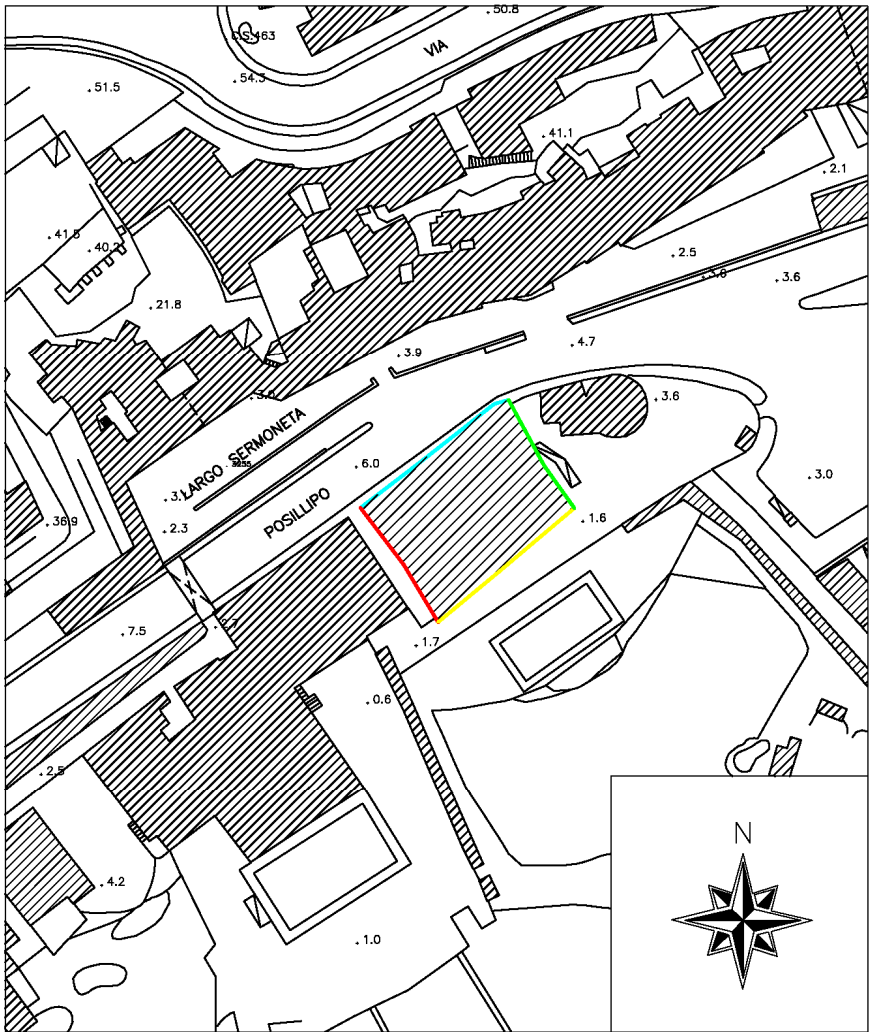
Foto n. 31 - Facciata su Via Posillipo

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 32 – Inquadramento territoriale

# PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud - Ovest	<span style="color: red;">—</span>	Prospetto Nord - Est	<span style="color: green;">—</span>
Prospetto Sud - Est	<span style="color: yellow;">—</span>	Prospetto Nord - Ovest	<span style="color: cyan;">—</span>

Foto n. 33 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno al 1600.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadri a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore bianco fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato di colore grigio e per il portale d'ingresso realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 900 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di circa 10 m. I piani fuori terra sono 3, per un volume lordo complessivo di circa 9000 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

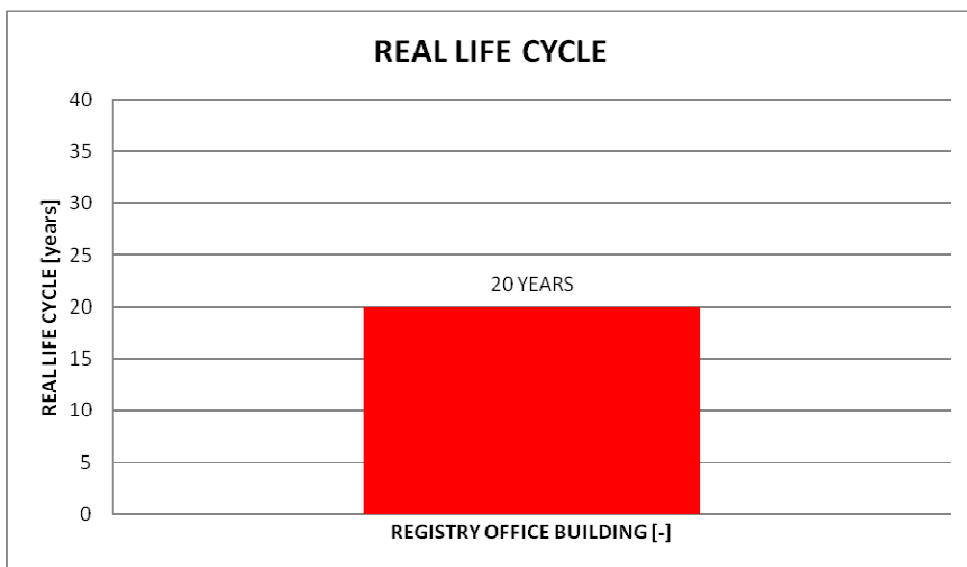
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>5</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			11b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1987	2° rilievo 2007	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>5</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



### 6.11.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1987 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2007, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 20 anni.



La RLC = 20 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.11.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

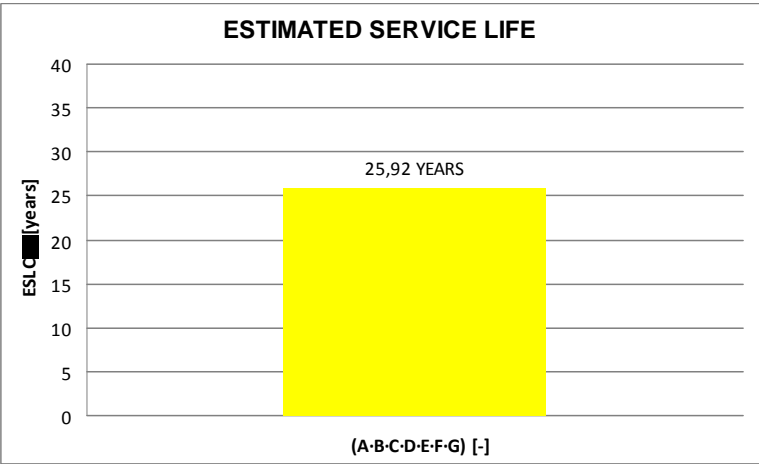
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	0,90
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	1,00
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,90
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,65
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,92</b>

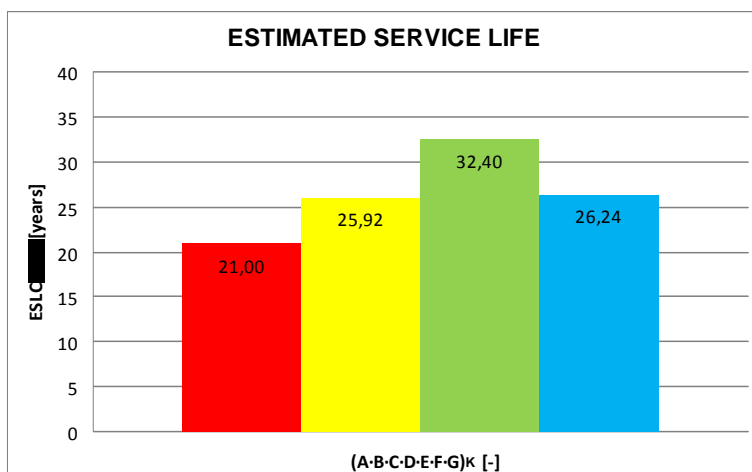
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT						
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S-O	FRONT S-E	FRONT N-E	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,80	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	0,90	1,00	1,00	0,90
	C	Work execution level	0,90	0,90	1,00	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,80	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	1,00	1,00	1,00	1,00
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90	0,90
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,52	0,65	0,81	0,66
RSLC [YEARS]			40,00			
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			21,00	25,92	32,40	26,24

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.11.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

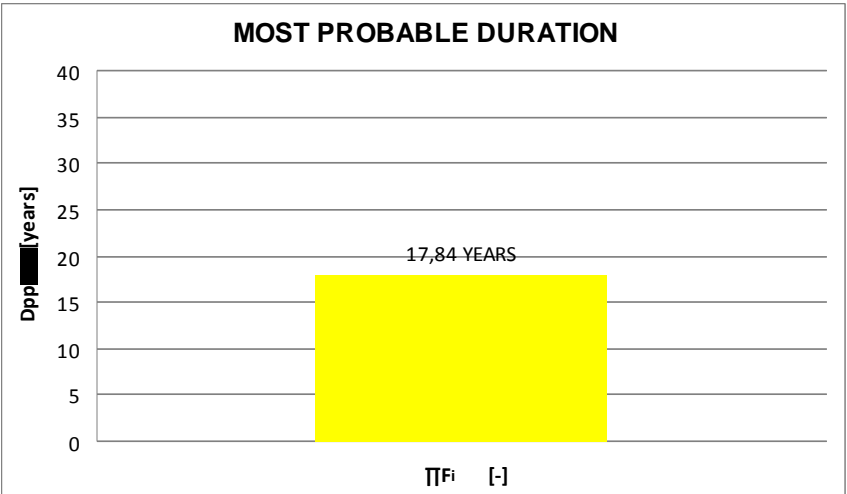
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b><math>D_{pp}</math> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE <math>F_i</math></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b><math>F_1</math>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	$\Delta T$ daily	$\leq 13^\circ C$	10,00
	Rain/wind	$I=1,75$	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00
	Humidity	U.R.>85%	0,00
TOTAL		<b><math>F_1</math></b>	<b><math>P_1</math></b>
		<b>0,95</b>	<b>31,5</b>
<b><math>F_2</math>: ENVIROMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	$d \leq 50m$	0,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		<b><math>F_2</math></b>	<b><math>P_2</math></b>
		<b>0,95</b>	<b>7</b>
<b><math>F_3</math>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b><math>F_3</math></b>	<b><math>P_3</math></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b><math>F_4</math>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	5,00
	Cornice	$L/H < 0,2$	5,00
	Balcony	Absent	0,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b><math>F_4</math></b>	<b><math>P_4</math></b>
		<b>0,99</b>	<b>33,00</b>
<b><math>ITF_{i,k}</math></b>		0,89	
<b><math>D_{mn}</math> [years]</b>		20,00	
<b><math>D_{pp,K}</math> [years]</b>		<b>17,84</b>	

La rappresentazione grafica risulta:

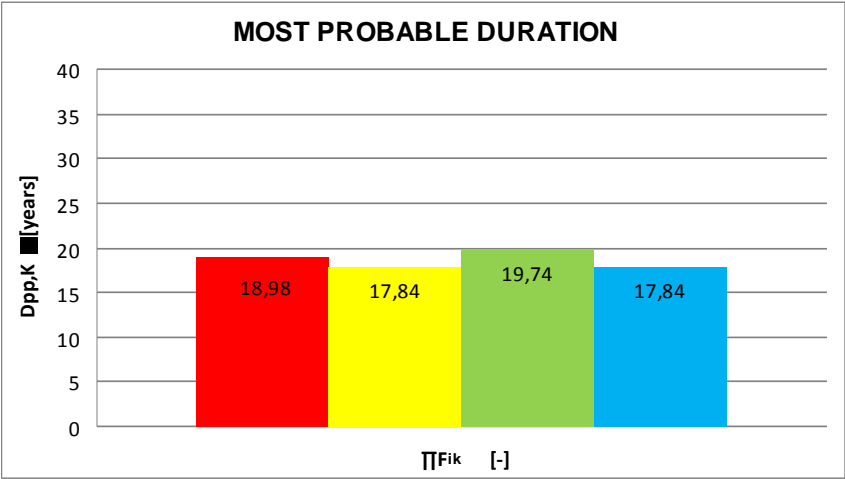


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION									
FATTORI D'INFLUENZA F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S-E		FRONT N-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	8,50	I=1,75	12,75	I=1,75	8,50
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	U.R.>85%	0,00	U.R.>85%	0,00	U.R.>85%	0,00	U.R.>85%	0,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,95	31,5	0,95	31,5	0,98	35,75	0,95	31,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S-E	3,00	N-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d≤50m	0,00	d≤50m	0,00	d≤50m	0,00	d≤50m	0,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	Free front	0,00	d<H	5,00	Free front	0,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,01	12	0,95	7	1,01	12	0,95	7
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	5,00	Flat 2	5,00	Flat 2	5,00	Flat 2	5,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	Absent	0,00	Absent	0,00	Absent	0,00	Absent	0,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00	Expansion of plaster, string courses, windows frames	16,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	33,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,99	33,00
ITF <sub>i,k</sub>		0,95		0,89		0,99		0,89	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00							
D <sub>pp,k</sub> [years]		18,98		17,84		19,74		17,84	



Evidenziando i risultati graficamente:



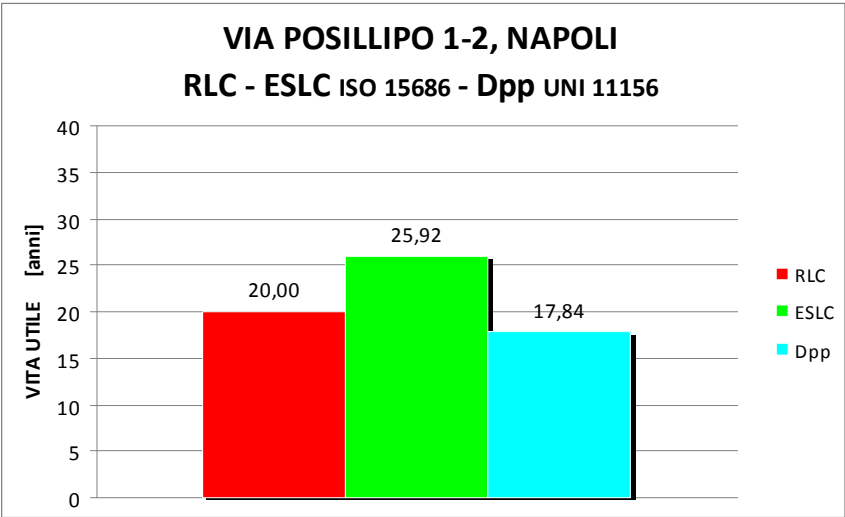
**6.11.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	25,92 [anni]	17,84 [anni]	+ 29,60 [%]	- 10,80 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



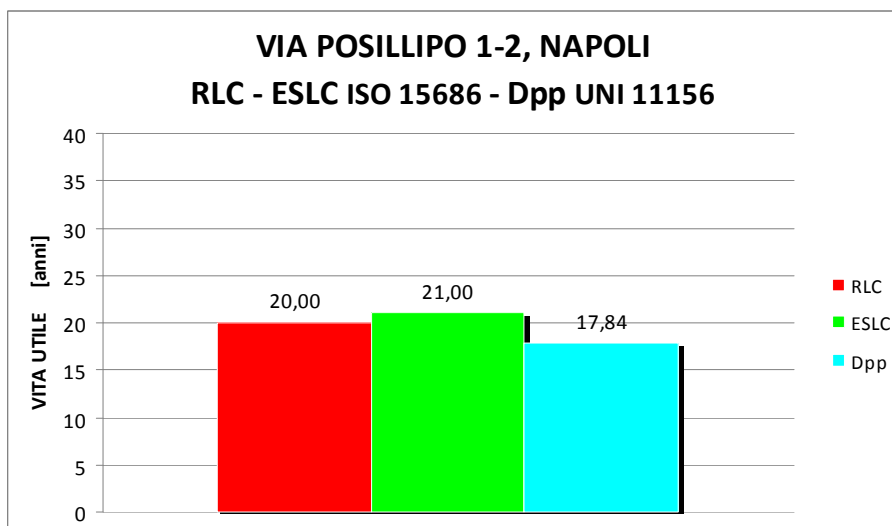
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 29,60% ovvero di 5,92 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 10,80 % ovvero di 2,16 anni in meno rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	21,00 [anni]	17,84 [anni]	+ 5,00 [%]	- 10,80 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 5,00 % ovvero di 1,00 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore dell' 10,80 % ovvero di 2,16 anni in meno rispetto alla RLC.

## 6.12 EDIFICIO 12 – Via Giordano Bruno 135.

Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 12a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Giordano Bruno 135, Napoli



Foto n. 34 - Facciata su Via Giordano Bruno

**UBICAZIONE NELCOMPRESORIO:**

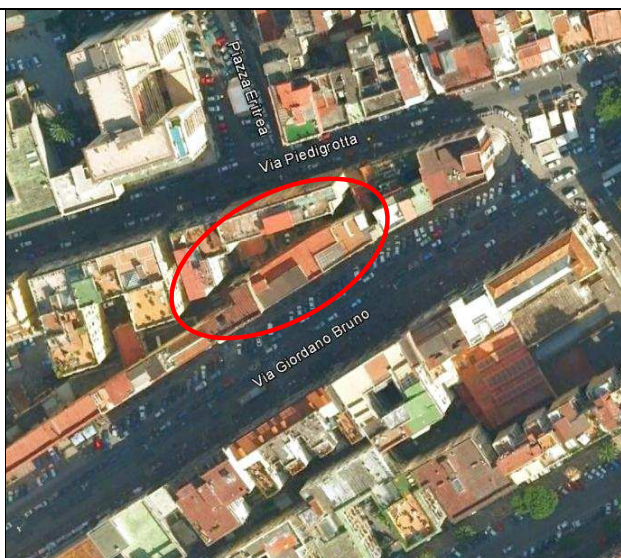


Foto n. 35 – Inquadramento territoriale

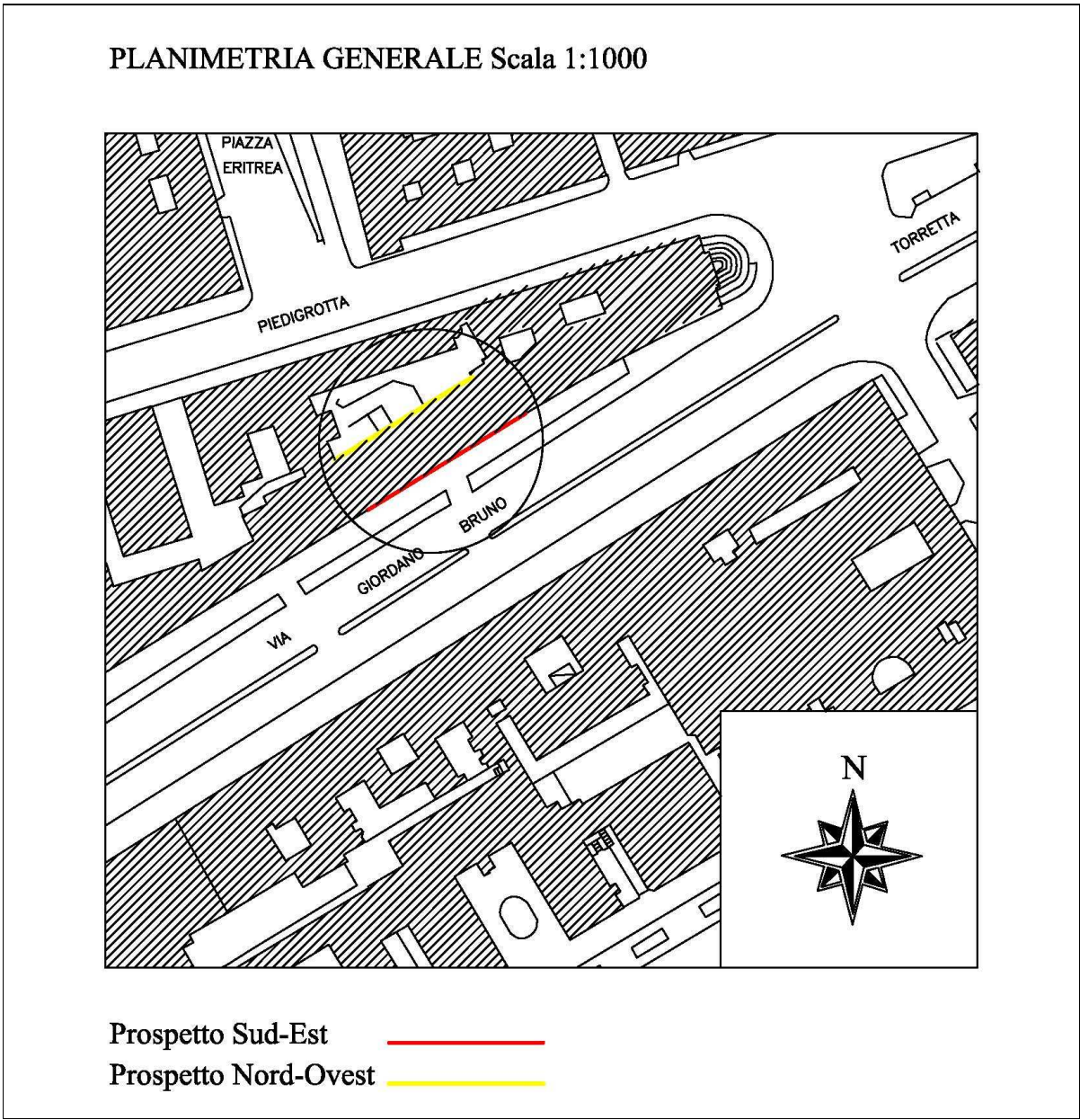


Foto n. 36 – Planimetria generale

**DATI STORICI:**

L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno al 1800.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:**

Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore rosso pompeiano e fasce marcapiano di colore grigio. La zona basamentale è realizzata con intonaco bugnato di colore grigio ed il portale d'ingresso è realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica, con scala unica che da accesso alle unità immobiliari; ha un'area di sedime di circa 625 mq ed un'altezza massima di circa 17 m. I piani fuori terra sono 4, per un volume lordo complessivo di circa 10625 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

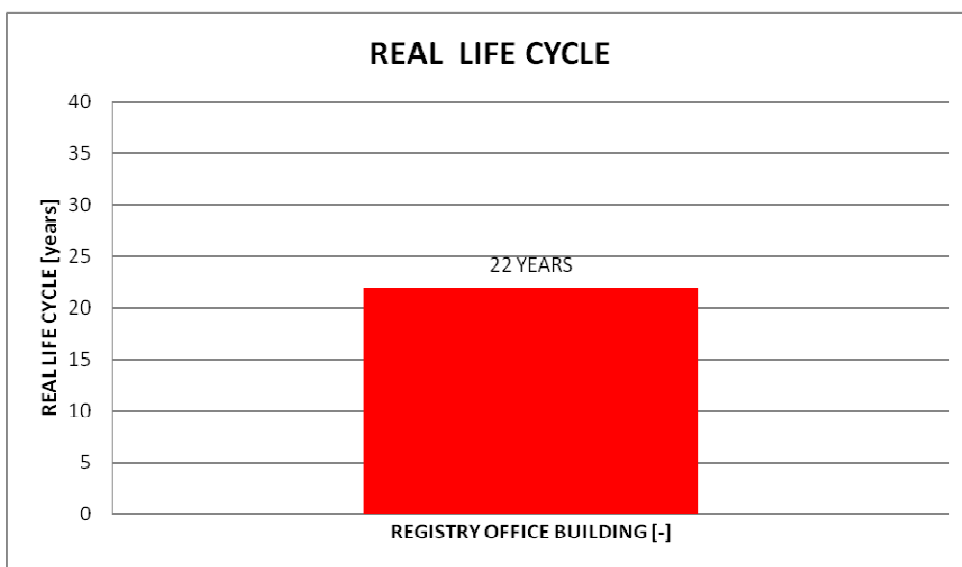
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>6</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			12b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1984	2° rilievo 2006	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
Intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>6</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.12.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1984 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2006, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 22 anni.



La RLC = 22 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.12.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

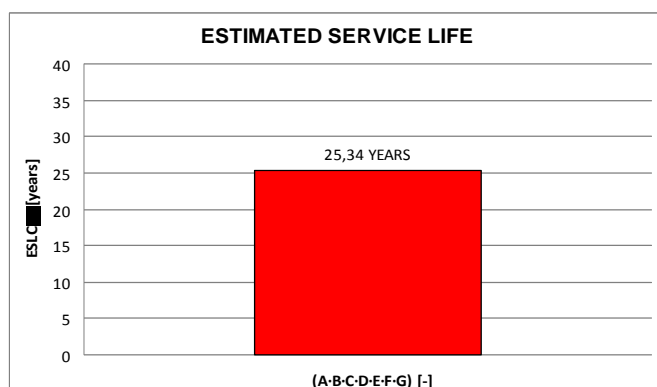
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,10
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,80
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,63
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,34</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

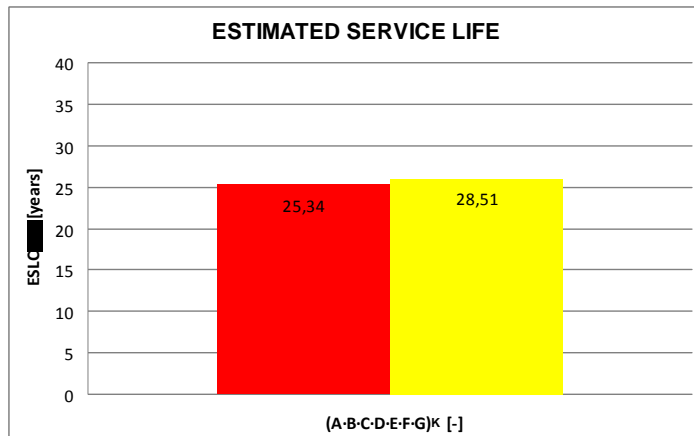




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>	<b>FRONT N-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,10	1,10
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,80	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>K</sub></b>			0,63	0,71
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>			<b>25,34</b>	<b>28,51</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.12.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

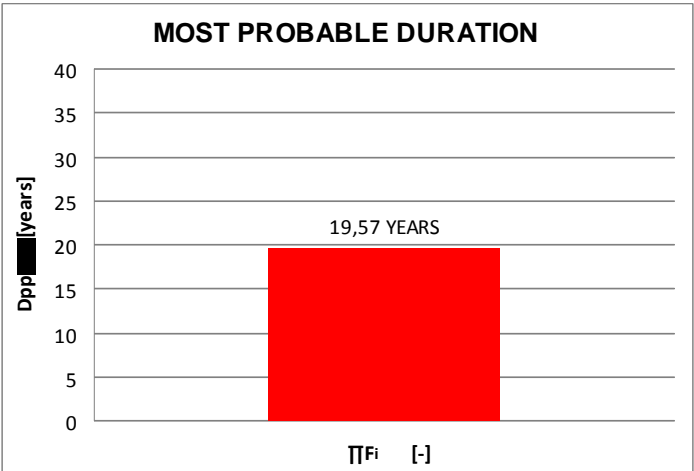
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>11,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Thickness variation in the masonry. String course, windows frames	12,00
	Color	Dark	0,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>32,00</b>
ΠF <sub>i</sub>		0,98	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>19,57</b>	

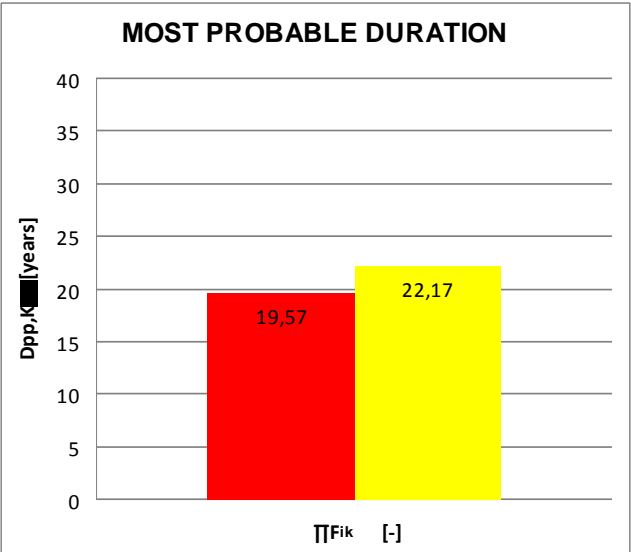
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,50	I=1,75	12,75
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zona III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,5	1,03	40,75
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	Free front	0,00	d<H	5,00
	TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>
1,00			11,00	1,06	16,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0.2 c	3,00	D/l<0.2 c	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Thickness variation in the masonry. String course, windows frames	12,00	String course, windows frames	16,00
	Color	Dark	0,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	32,00	1,02	41,00
ΠF <sub>i,k</sub>		0,98		1,11	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		19,57		22,17	

Evidenziando i risultati graficamente:



**6.12.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

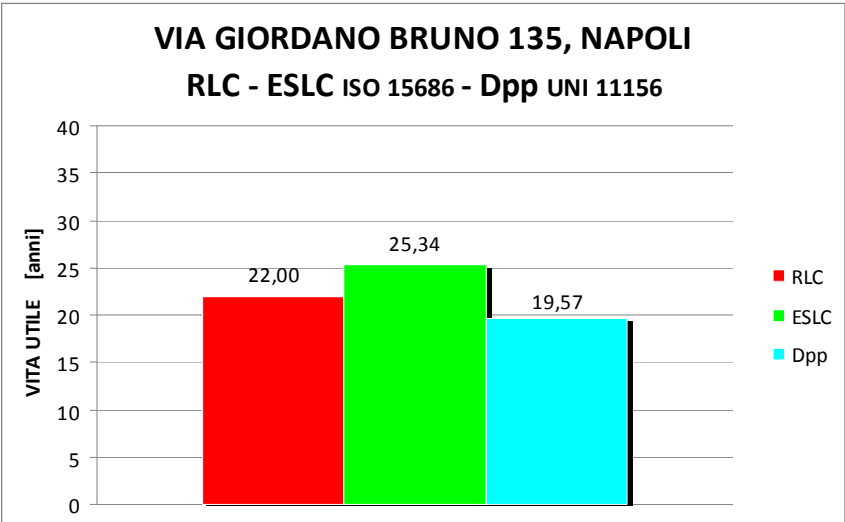
I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
22,00 [anni]	25,34 [anni]	19,57 [anni]	+ 15,18 [%]	- 11,05 [%]



Visualizzando i risultati graficamente:



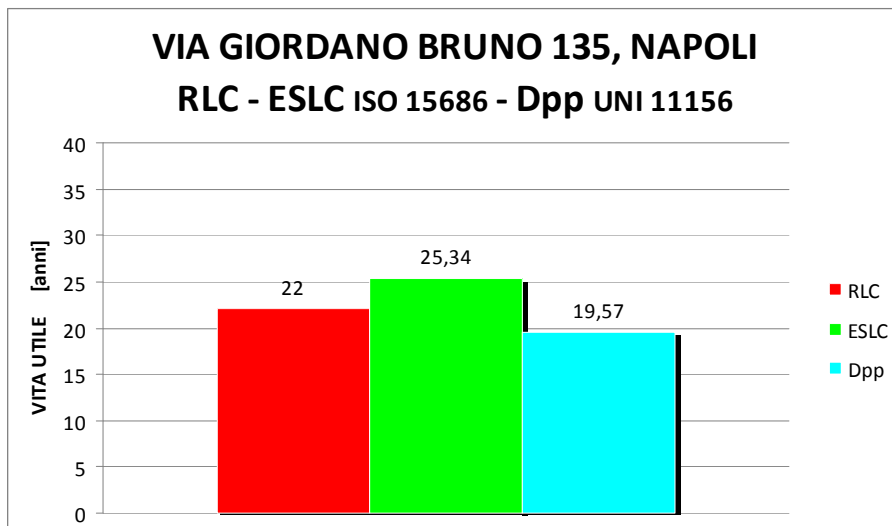
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,18% ovvero di 3,34 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta inferiore dell’ 11,05 % ovvero di 2,43 anni in meno rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
22,00 [anni]	25,34 [anni]	19,57 [anni]	+ 15,18 [%]	- 11,05 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,18 % ovvero di 3,34 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore dell' 11,05 % ovvero di 2,43 anni in meno rispetto alla RLC.

**6.13 EDIFICIO 13 – Via Cumana 29.**

**6.13.1 Scheda di rilievo.**

N° SCHEDA: 13a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via CUMANA 29 (NA)



Foto n. 37 - Facciata su Via Cumana

**UBICAZIONE NELCOMPRESORIO:**



Foto n. 38 – Inquadramento territoriale

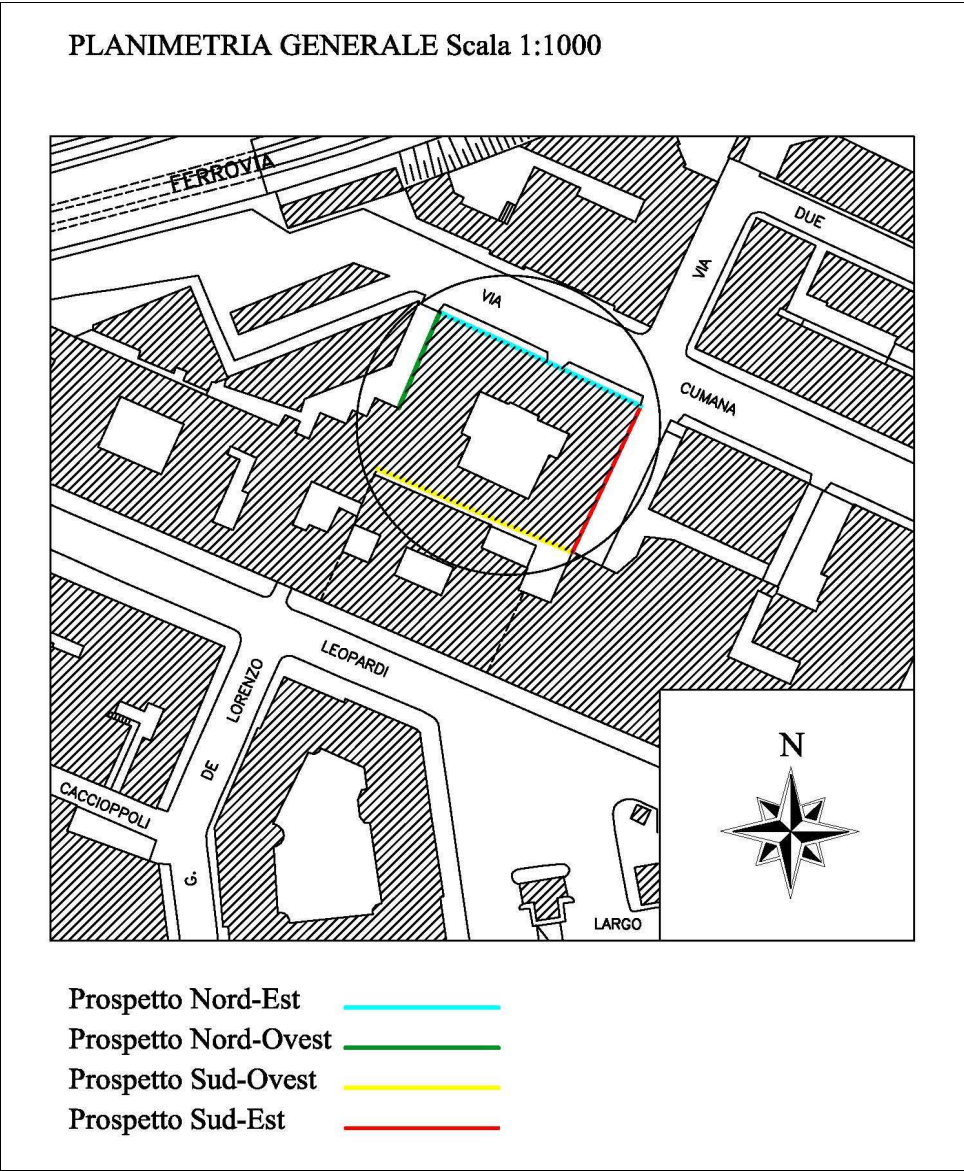


Foto n. 39 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto è all'incirca 1950.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti a solaio piano sono latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore giallo chiaro tranne nella zona del basamento che è rivestita con una zoccolatura in lastre di marmo.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** L'edificio ha una tipologia costruttiva a corte con corte centrale, ha un'area di sedime di circa 1180 mq ed un'altezza massima di circa 25 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 28500 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

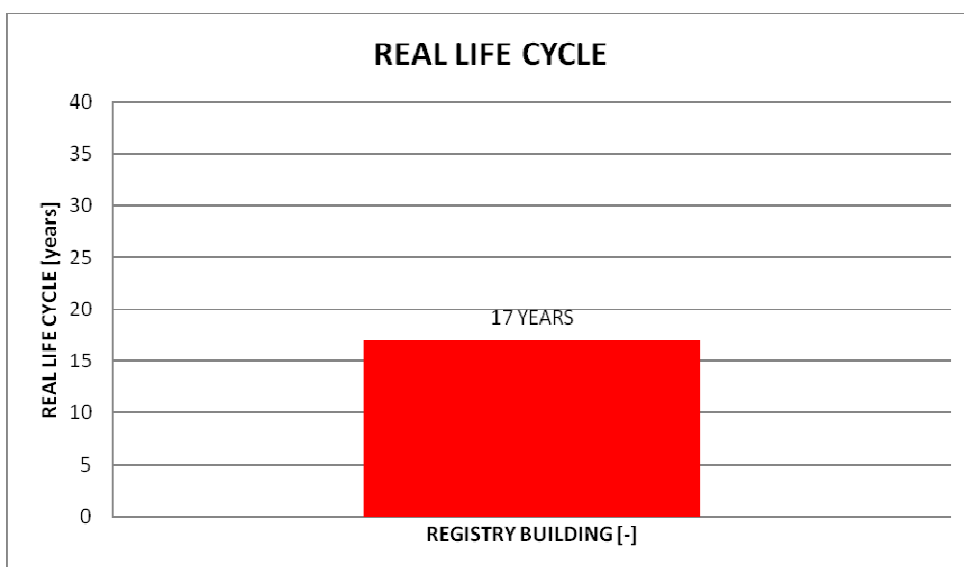
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>7</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			13b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CLASSE TECNOLOGICA		
		1° rilievo 1981	2° rilievo 1998	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio	stato 1	stato 4	

### 6.13.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio dei dati fornitici dal Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1981 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 1998, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 17 anni.

<sup>7</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 17 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.13.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * ( A * B * C * D * E * F * G )$$

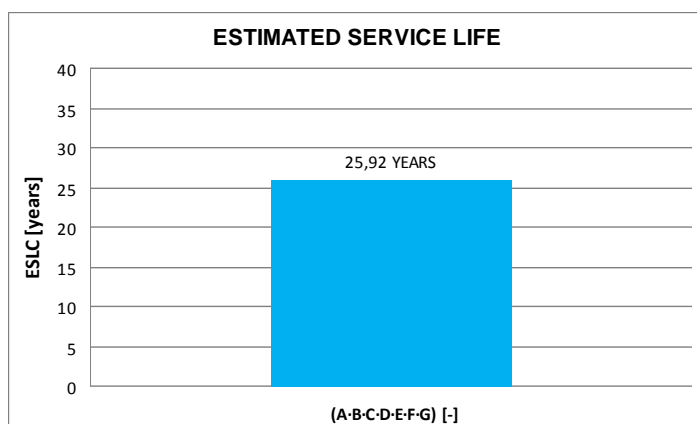
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC

pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,65
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,92</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

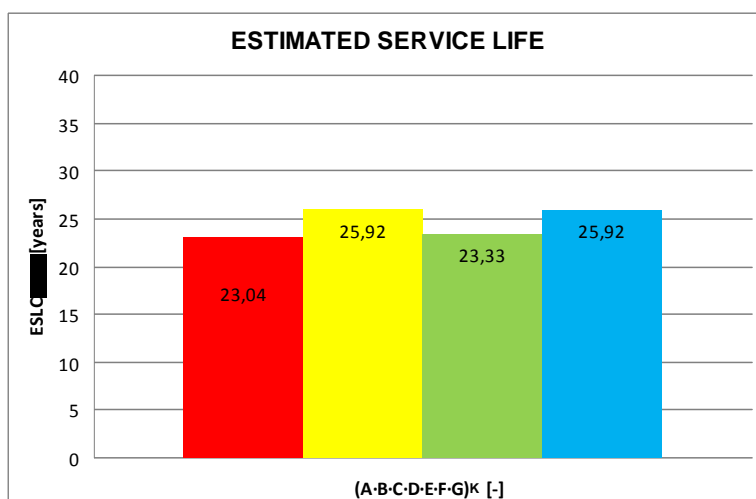


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>						
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>	<b>FRONT S-O</b>	<b>FRONT N-O</b>	<b>FRONT N-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	0,90	0,90	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90	1,00	0,90	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,80	0,90	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>K</sub></b>			0,58	0,65	0,58	0,65
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00			
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>			<b>23,04</b>	<b>25,92</b>	<b>23,33</b>	<b>25,92</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:





#### 6.13.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{PP} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{PP}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

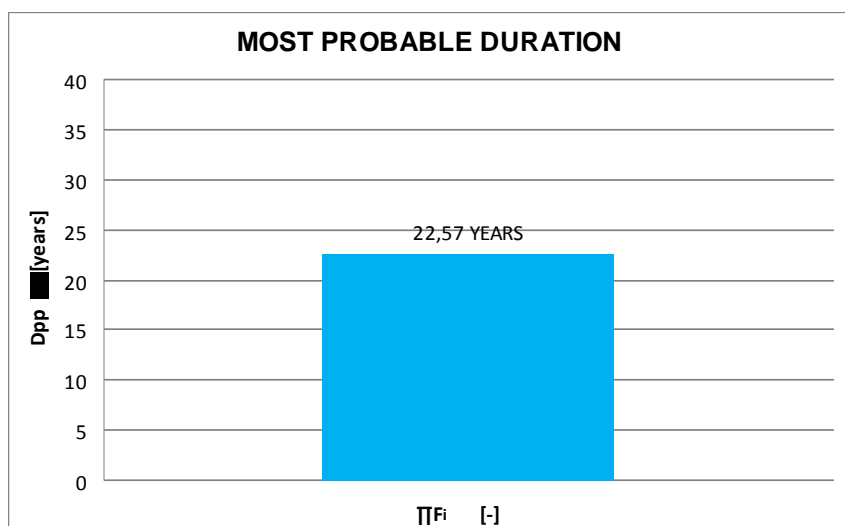
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>PP</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT N-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	11,81
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>1,02</b>	<b>39,81</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	N-E	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,11</b>	<b>20</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Scabrous	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pilars and slabs flush with the masonry.Windows frames	10,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>35,00</b>
<b>∏F<sub>i</sub></b>		1,13	
<b>D<sub>mn</sub> [years]</b>		20,00	
<b>D<sub>PP</sub> [years]</b>		<b>22,57</b>	

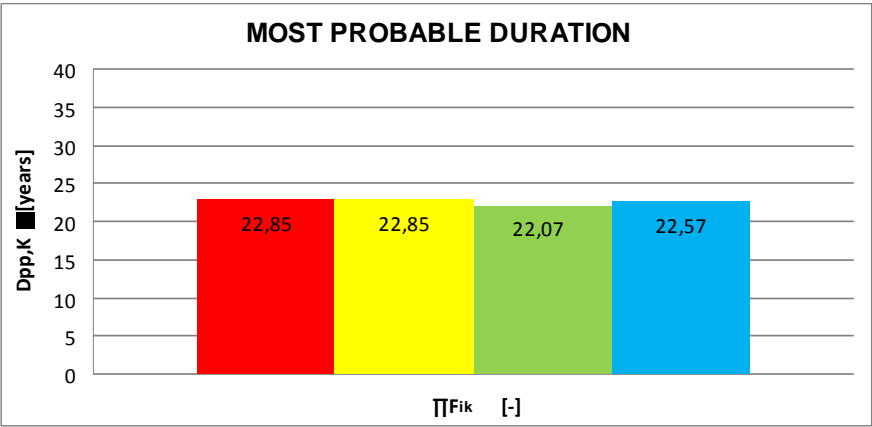
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION									
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT N-O		FRONT N-E	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	11,81	I=1,75	11,81	I=1,75	7,87	I=1,75	11,81
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,02	39,81	1,02	39,81	0,99	35,87	1,02	39,81
F <sub>2</sub> : ENVIROMENTAL FACTORS	Exposure	S-E	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00	N-E	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	10,00	Scabrous	10,00	Scabrous	10,00	Scabrous	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00	D/l>0,4	7,00	D/l>0,4	7,00	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pilars and slabs flush with the masonry.Windows frames	10,00	Pilars and slabs flush with the masonry.Window s frames	10,00	Pilars and slabs flush with the masonry.Window s frames	10,00	Pilars and slabs flush with the masonry.Window s frames	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,01	39,00	1,01	39,00	1,01	39,00	1,00	35,00
∑F <sub>i,k</sub>		1,14		1,14		1,10		1,13	
D <sub>nn</sub> [years]		20,00							
D <sub>PP,K</sub> [years]		22,85		22,85		22,07		22,57	

Evidenziando i risultati graficamente:



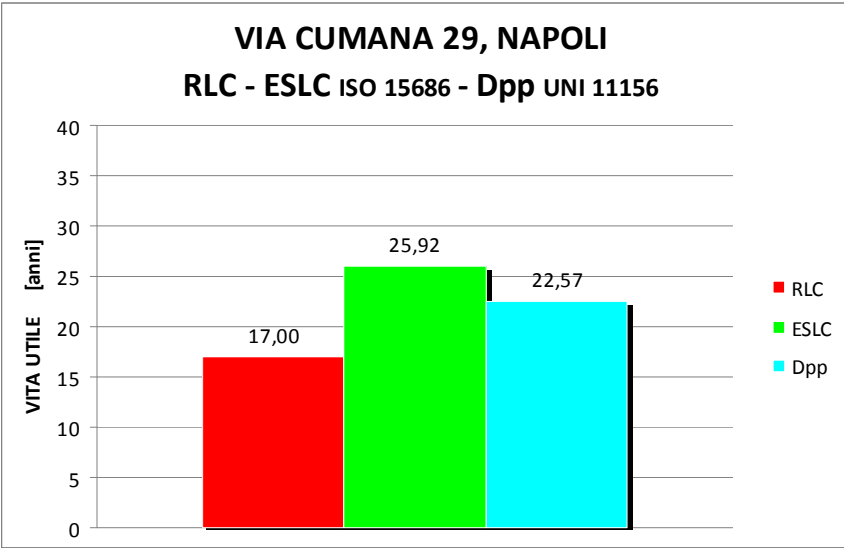
**6.13.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall’applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall’osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
17,00 [anni]	25,92 [anni]	22,57 [anni]	+	52,47 [%]	+ 32,76 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

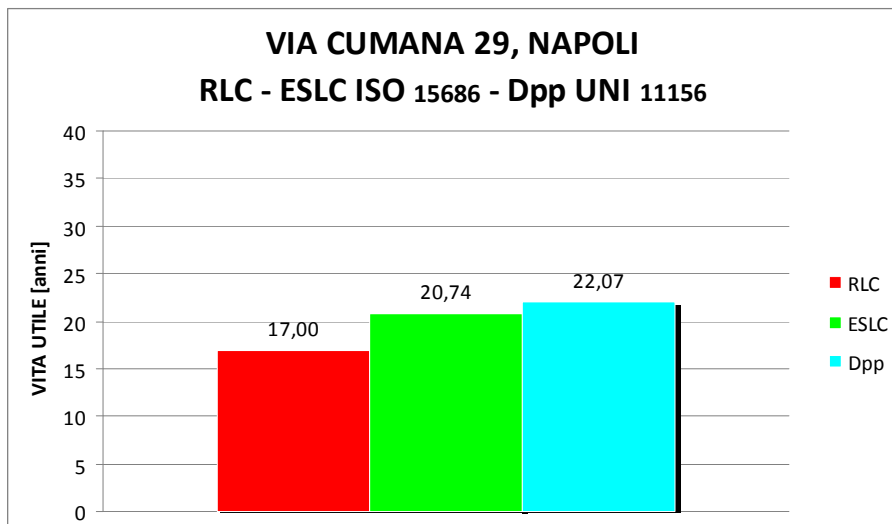
- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 52,47% ovvero di 8,92 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dell' 32,76 % ovvero di 5,57 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
17,00 [anni]	20,74 [anni]	22,07 [anni]	+	22,00 [%]	+ 29,82 [%]



Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 22,00 % ovvero di 3,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 29,82 % ovvero di 5,07 anni in più rispetto alla RLC.

## 6.14 EDIFICIO 14 – Via .Mercantini 2-16 (IS.3).

### 6.14.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 14a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via MERCANTINI 2-16 (IS. 3) (NA)



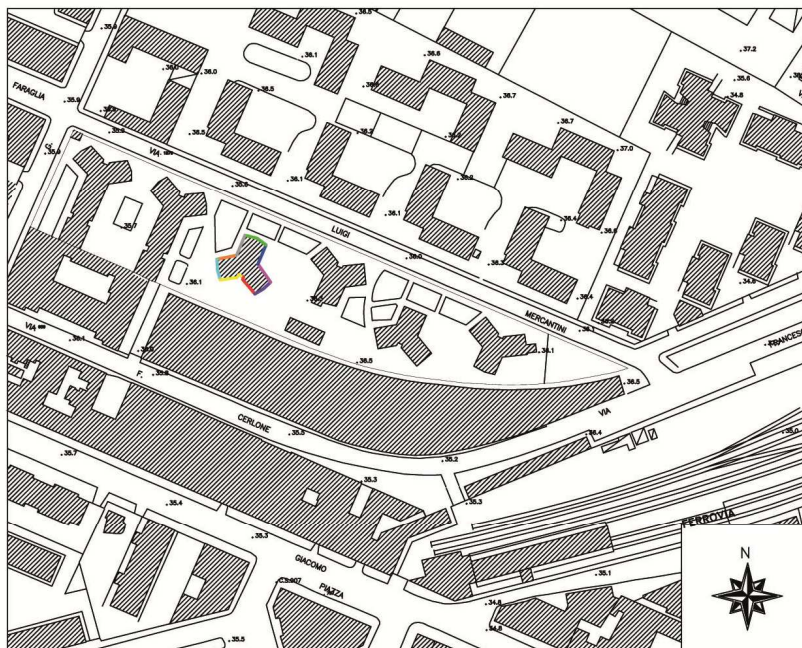
Foto n. 40 - Facciata su Via Mercantini

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 41 – Inquadramento territoriale

PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:2000



Prospetto Sud - Ovest	—	Prospetto Nord - Ovest	—	Prospetto Sud - Est	—
Prospetto Sud	—	Prospetto Nord	—	Prospetto Est	—
Prospetto Nord - Est	—	Prospetto Ovest	—	Prospetto Sud - Est	—

Foto n. 42 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto è all'incirca 1955.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti a solaio piano sono latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo ruvido di colore giallo chiaro con fasce marcapiano di colore rosso pompeiano.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da sei corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni destinati a verde e zona di sosta per le autovetture, ha un'area di sedime di circa 250 mq ed un'altezza massima di circa 24 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 6000 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

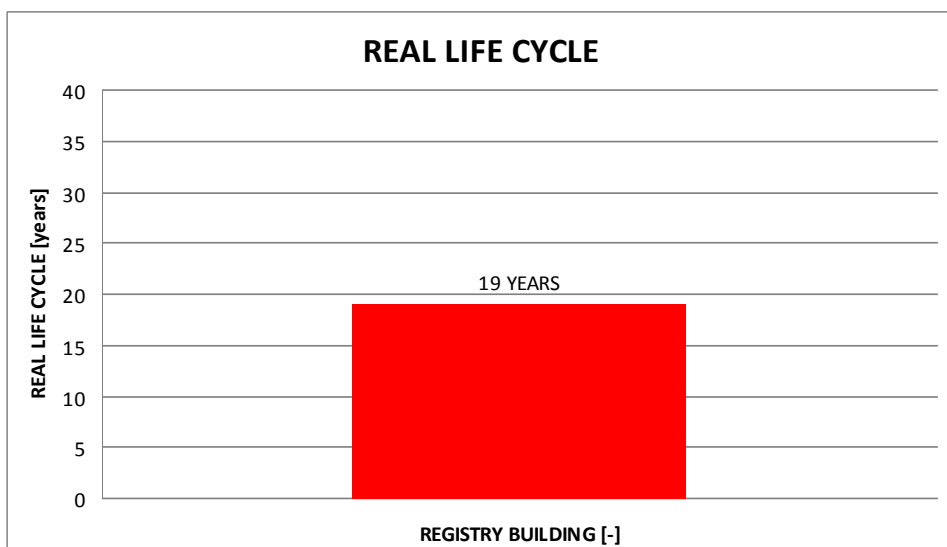
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>1</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			14b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1989	2° rilievo 2008	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo ruvido	stato 1	stato 4	

#### 6.14.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1989 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2008, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.

<sup>1</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 19 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

#### 6.14.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

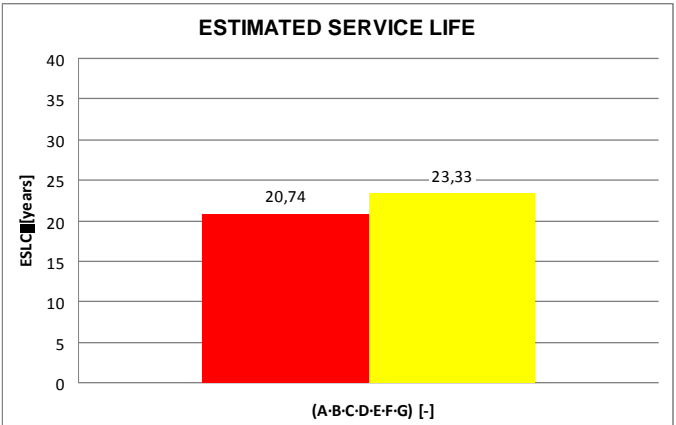
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-O</b>	<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,52	0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>20,74</b>	<b>23,33</b>

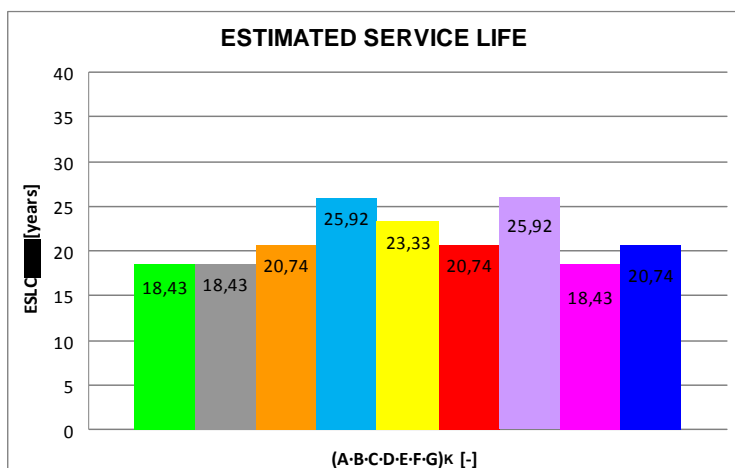
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT										
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-E	FRONT N-O	FRONT N	FRONT O	FRONT S	FRONT S-O	FRONT S-E	FRONT E
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,80	0,80	0,80	1,00	0,90	0,90	1,00	0,80
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A•B•C•D•E•F•G) <sub>K</sub>			0,46	0,46	0,52	0,65	0,58	0,52	0,65	0,46
RSLC [YEARS]			40,00							
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			18,43	18,43	20,74	25,92	23,33	20,74	25,92	18,43

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.14.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_i^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior



parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

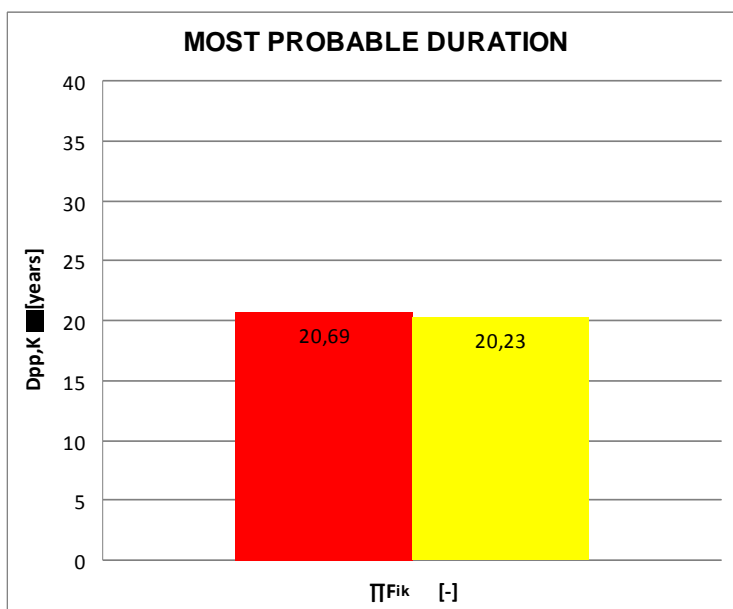
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATON					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36	0,99	36
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,08	18,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. String course, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String course, windows	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,03		1,01	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		20,69		20,23	

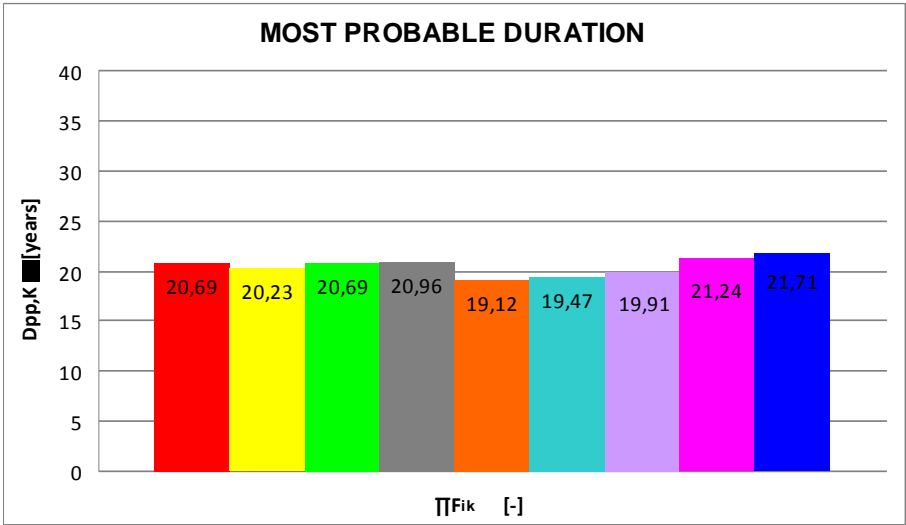
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>max</sub> = MOST PROBABLE DURATION																			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-W		FRONT S		FRONT N-E		FRONT N-O		FRONT N		FRONT O		FRONT S-E		FRONT E		FRONT W	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	12,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00	39% ≤ U.R. ≤ 65%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36	0,99	36	1,02	40	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	1,02	40	1,02	40
F <sub>2</sub> ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S	1,00	N-E	3,00	N-O	3,00	N	0,00	O	1,00	S-E	3,00	E	1,00	S-E	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	0,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	26,00	1,08	18,00	1,11	20	1,11	20	1,01	12	1,08	18,00	1,11	26,00	1,08	18	1,11	20
F <sub>3</sub> CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00	Vertical	20,00
	Extension	<400mq	20,00	<400mq	20,00	without opening	0,00	<400mq	20,00	<400mq	20,00	without opening	0,00	without opening	0,00	<400mq	20,00	<400mq	20,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,99	10	0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,93	10	0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of cornices	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2	20,00	Flat 2	20,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2	20,00	Flat 2	20,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/H<0,2	1,00	D/H<0,2	1,00	D/H<0,2	1,00	D/H<0,2	1,00	D/H<0,2	1,00	Absent	0,00	Absent	0,00	D/H<0,2	1,00	D/H<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	20,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	28,00	0,97	28,00	0,99	33,00	0,99	33,00
ITF <sub>4</sub>		1,03		1,01		1,03		1,05		0,96		0,97		1,00		1,06		1,09	
D <sub>max</sub> [years]		20,00																	
D <sub>max</sub> [years]		20,09		20,23		20,69		20,96		19,12		19,47		19,91		21,34		25,70	

Evidenziando i risultati graficamente:



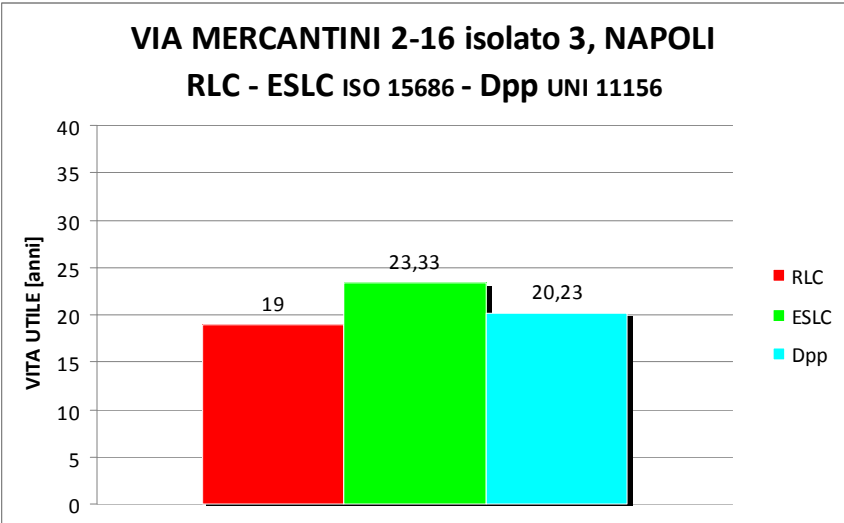
**6.14.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall’applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall’osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
19,00 [anni]	23,33 [anni]	20,23 [anni]	+	22,79 [%]	+ 6,47 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



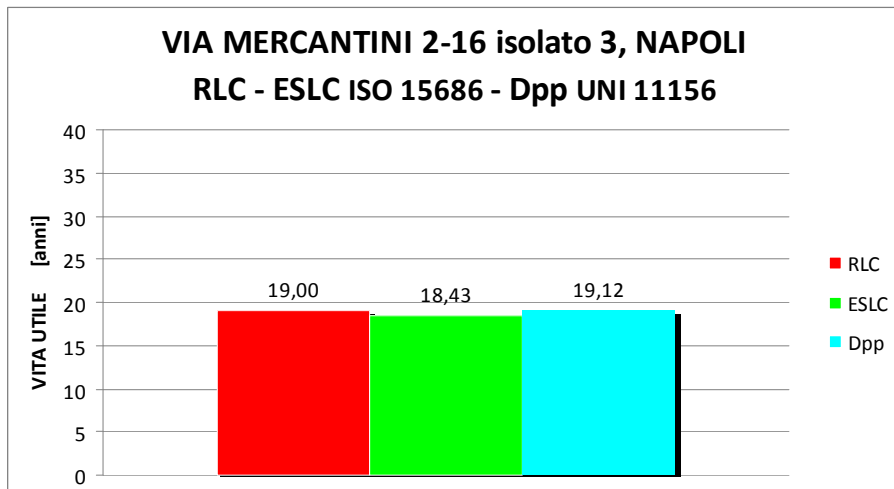
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 22,79 % ovvero di 4,33 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 6,47 % ovvero di 1,23 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % Dpp-RLC
19,00 [anni]	18,43 [anni]	19,12 [anni]	-	3,00 [%]	+ 0,63 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 3,00 % ovvero di 0,57 anni in meno della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dello 0,63 % ovvero di 0,12 anni in più rispetto alla RLC.



## 6.15 EDIFICIO 15 – Via .Mercantini 2-16 (IS.4).

### 6.15.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 15

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via MERCANTINI 2-16 (IS. 4) (NA)



Foto n. 43 - Facciata su Via Mercantini







**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 44 – Inquadramento territoriale

This is a detailed topographic map of an urban area. The map shows building footprints with hatched patterns, streets, and elevation contours. Key features include:

- Streets:** PARAGLIA, LUNG, MERCANTINI, GEROLAMO, VIA, PIAZZA, and FERROVIA.
- Elevation Contours:** Numerous numerical values indicating elevation, such as 35.0, 35.1, 35.2, 35.3, 35.4, 35.5, 35.6, 35.7, 35.8, 35.9, 36.0, 36.1, 36.2, 36.3, 36.4, 36.5, 36.6, 36.7, 36.8, 36.9, 37.0, 37.1, 37.2, 37.3, 37.4, 37.5, 37.6, 37.7, 37.8, 37.9, 38.0, 38.1, 38.2, 38.3, 38.4, 38.5, 38.6, 38.7, 38.8, 38.9, 39.0, 39.1, 39.2, 39.3, 39.4, 39.5, 39.6, 39.7, 39.8, 39.9, 40.0, 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5, 40.6, 40.7, 40.8, 40.9, 41.0, 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 42.0, 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 43.0, 43.1, 43.2, 43.3, 43.4, 43.5, 43.6, 43.7, 43.8, 43.9, 44.0, 44.1, 44.2, 44.3, 44.4, 44.5, 44.6, 44.7, 44.8, 44.9, 45.0, 45.1, 45.2, 45.3, 45.4, 45.5, 45.6, 45.7, 45.8, 45.9, 46.0, 46.1, 46.2, 46.3, 46.4, 46.5, 46.6, 46.7, 46.8, 46.9, 47.0, 47.1, 47.2, 47.3, 47.4, 47.5, 47.6, 47.7, 47.8, 47.9, 48.0, 48.1, 48.2, 48.3, 48.4, 48.5, 48.6, 48.7, 48.8, 48.9, 49.0, 49.1, 49.2, 49.3, 49.4, 49.5, 49.6, 49.7, 49.8, 49.9, 50.0, 50.1, 50.2, 50.3, 50.4, 50.5, 50.6, 50.7, 50.8, 50.9, 51.0, 51.1, 51.2, 51.3, 51.4, 51.5, 51.6, 51.7, 51.8, 51.9, 52.0, 52.1, 52.2, 52.3, 52.4, 52.5, 52.6, 52.7, 52.8, 52.9, 53.0, 53.1, 53.2, 53.3, 53.4, 53.5, 53.6, 53.7, 53.8, 53.9, 54.0, 54.1, 54.2, 54.3, 54.4, 54.5, 54.6, 54.7, 54.8, 54.9, 55.0, 55.1, 55.2, 55.3, 55.4, 55.5, 55.6, 55.7, 55.8, 55.9, 56.0, 56.1, 56.2, 56.3, 56.4, 56.5, 56.6, 56.7, 56.8, 56.9, 57.0, 57.1, 57.2, 57.3, 57.4, 57.5, 57.6, 57.7, 57.8, 57.9, 58.0, 58.1, 58.2, 58.3, 58.4, 58.5, 58.6, 58.7, 58.8, 58.9, 59.0, 59.1, 59.2, 59.3, 59.4, 59.5, 59.6, 59.7, 59.8, 59.9, 60.0, 60.1, 60.2, 60.3, 60.4, 60.5, 60.6, 60.7, 60.8, 60.9, 61.0, 61.1, 61.2, 61.3, 61.4, 61.5, 61.6, 61.7, 61.8, 61.9, 62.0, 62.1, 62.2, 62.3, 62.4, 62.5, 62.6, 62.7, 62.8, 62.9, 63.0, 63.1, 63.2, 63.3, 63.4, 63.5, 63.6, 63.7, 63.8, 63.9, 64.0, 64.1, 64.2, 64.3, 64.4, 64.5, 64.6, 64.7, 64.8, 64.9, 65.0, 65.1, 65.2, 65.3, 65.4, 65.5, 65.6, 65.7, 65.8, 65.9, 66.0, 66.1, 66.2, 66.3, 66.4, 66.5, 66.6, 66.7, 66.8, 66.9, 67.0, 67.1, 67.2, 67.3, 67.4, 67.5, 67.6, 67.7, 67.8, 67.9, 68.0, 68.1, 68.2, 68.3, 68.4, 68.5, 68.6, 68.7, 68.8, 68.9, 69.0, 69.1, 69.2, 69.3, 69.4, 69.5, 69.6, 69.7, 69.8, 69.9, 70.0, 70.1, 70.2, 70.3, 70.4, 70.5, 70.6, 70.7, 70.8, 70.9, 71.0, 71.1, 71.2, 71.3, 71.4, 71.5, 71.6, 71.7, 71.8, 71.9, 72.0, 72.1, 72.2, 72.3, 72.4, 72.5, 72.6, 72.7, 72.8, 72.9, 73.0, 73.1, 73.2, 73.3, 73.4, 73.5, 73.6, 73.7, 73.8, 73.9, 74.0, 74.1, 74.2, 74.3, 74.4, 74.5, 74.6, 74.7, 74.8, 74.9, 75.0, 75.1, 75.2, 75.3, 75.4, 75.5, 75.6, 75.7, 75.8, 75.9, 76.0, 76.1, 76.2, 76.3, 76.4, 76.5, 76.6, 76.7, 76.8, 76.9, 77.0, 77.1, 77.2, 77.3, 77.4, 77.5, 77.6, 77.7, 77.8, 77.9, 78.0, 78.1, 78.2, 78.3, 78.4, 78.5, 78.6, 78.7, 78.8, 78.9, 79.0, 79.1, 79.2, 79.3, 79.4, 79.5, 79.6, 79.7, 79.8, 79.9, 80.0, 80.1, 80.2, 80.3, 80.4, 80.5, 80.6, 80.7, 80.8, 80.9, 81.0, 81.1, 81.2, 81.3, 81.4, 81.5, 81.6, 81.7, 81.8, 81.9, 82.0, 82.1, 82.2, 82.3, 82.4, 82.5, 82.6, 82.7, 82.8, 82.9, 83.0, 83.1, 83.2, 83.3, 83.4, 83.5, 83.6, 83.7, 83.8, 83.9, 84.0, 84.1, 84.2, 84.3, 84.4, 84.5, 84.6, 84.7, 84.8, 84.9, 85.0, 85.1, 85.2, 85.3, 85.4, 85.5, 85.6, 85.7, 85.8, 85.9, 86.0, 86.1, 86.2, 86.3, 86.4, 86.5, 86.6, 86.7, 86.8, 86.9, 87.0, 87.1, 87.2, 87.3, 87.4, 87.5, 87.6, 87.7, 87.8, 87.9, 88.0, 88.1, 88.2, 88.3, 88.4, 88.5, 88.6, 88.7, 88.8, 88.9, 89.0, 89.1, 89.2, 89.3, 89.4, 89.5, 89.6, 89.7, 89.8, 89.9, 90.0, 90.1, 90.2, 90.3, 90.4, 90.5, 90.6, 90.7, 90.8, 90.9, 91.0, 91.1, 91.2, 91.3, 91.4, 91.5, 91.6, 91.7, 91.8, 91.9, 92.0, 92.1, 92.2, 92.3, 92.4, 92.5, 92.6, 92.7, 92.8, 92.9, 93.0, 93.1, 93.2, 93.3, 93.4, 93.5, 93.6, 93.7, 93.8, 93.9, 94.0, 94.1, 94.2, 94.3, 94.4, 94.5, 94.6, 94.7, 94.8, 94.9, 95.0, 95.1, 95.2, 95.3, 95.4, 95.5, 95.6, 95.7, 95.8, 95.9, 96.0, 96.1, 96.2, 96.3, 96.4, 96.5, 96.6, 96.7, 96.8, 96.9, 97.0, 97.1, 97.2, 97.3, 97.4, 97.5, 97.6, 97.7, 97.8, 97.9, 98.0, 98.1, 98.2, 98.3, 98.4, 98.5, 98.6, 98.7, 98.8, 98.9, 99.0, 99.1, 99.2, 99.3, 99.4, 99.5, 99.6, 99.7, 99.8, 99.9, 100.0, 100.1,

Prospetto Nord - Est		Prospetto Sud		Prospetto Nord - Ovest	
Prospetto Nord		Prospetto Sud - Est		Prospetto Sud - Ovest	
Prospetto Est		Prospetto Sud - Ovest		Prospetto Nord - Ovest	

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto è all'incirca 1955.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo ruvido di colore giallo chiaro con fasce marcapiano di colore rosso pompeiano.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da sei corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni destinati a verde e zona di sosta per le autovetture, ha un'area di sedime di circa 250 mq ed un'altezza massima di circa 24 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 6000 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

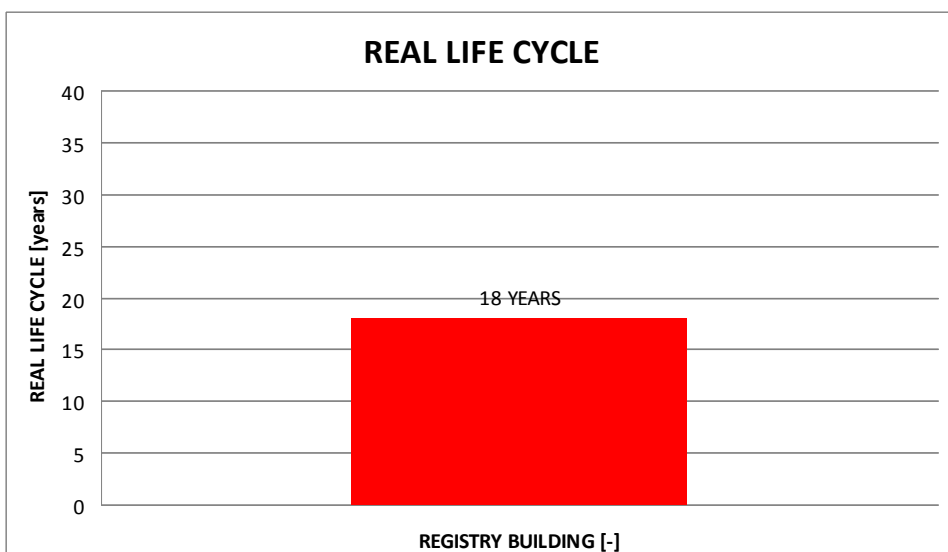
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>2</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			15b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1983	2° rilievo 2001	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo ruvido	stato 1	stato 4	

#### 6.15.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1983 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2001, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.

---

<sup>2</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.15.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

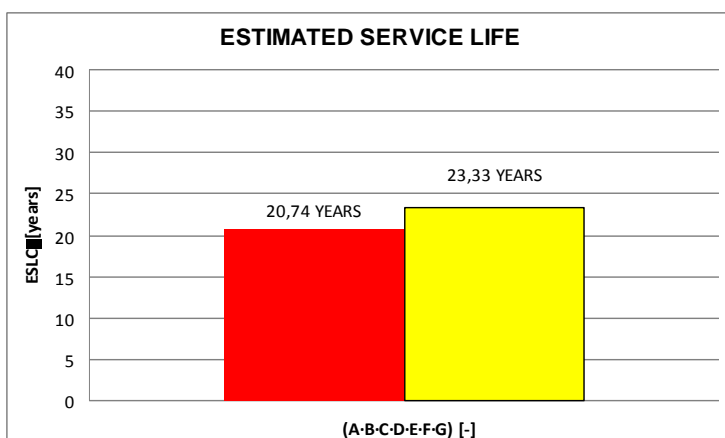
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-E</b>	<b>FRONT N</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A•B•C•D•E•F•G)</b>			0,52	0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>20,74</b>	<b>23,33</b>

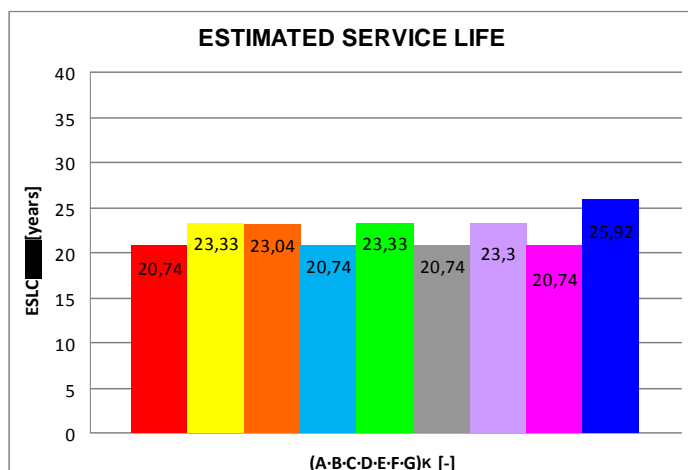
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT											
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-E	FRONT N	FRONT E	FRONT S	FRONT S-E	FRONT S-O	FRONT N-O	FRONT S-O	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,52	0,58	0,58	0,52	0,58	0,52	0,58	0,52	0,65
RSLC [YEARS]			40,00								
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			20,74	23,33	23,04	20,74	23,33	20,74	23,33	20,74	25,92

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.15.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

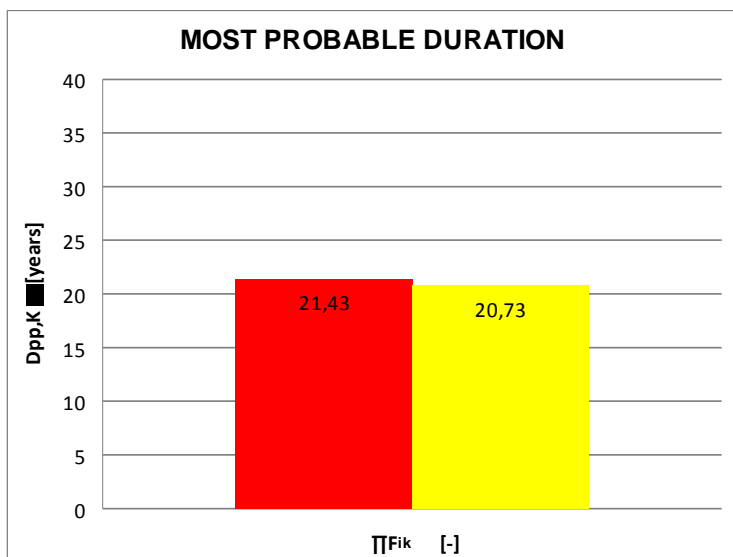
$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00



Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATON					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36	0,99	36
F <sub>2</sub> : ENVIROMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,08	18,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. String course, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String course, windows	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00
∏F <sub>i,k</sub>		1,03		1,01	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		20,69		20,23	

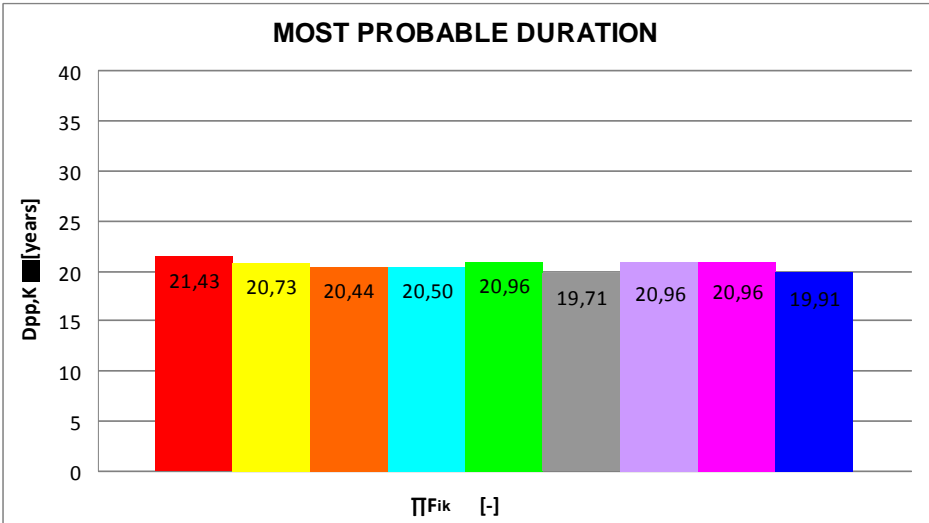
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION																			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-E		FRONT N		FRONT E		FRONT S		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT N-O		FRONT S-O		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,02	40	1,02	40	1,02	40	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-E	3,00	N	0,00	E	1,00	S	1,00	S-E	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,07	17,00	1,08	18	1,08	18	1,11	20	1,11	20,00	1,11	20,00	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without ext.opening	0,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without ext.opening	0,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without ext.opening	0,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,97	20	0,97	20	0,93	10
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2;	10,00	Flat 2;	10,00	Flat 2;	10,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2;	10,00	Flat 2,6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	Absent	0,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	Absent	0,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses.	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs. Thickness variations in the masonry. String courses.	6,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slabs flush with the masonry. String courses.	10,00
		Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	32,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	25,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	28,00
∑F <sub>i,k</sub>		1,07		1,04		1,02		1,02		1,05		0,99		1,05		1,05		1,00	
D <sub>max</sub> [years]		20,00																	
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,43		20,73		20,44		20,50		20,96		19,71		20,96		20,96		19,80	

Evidenziando i risultati graficamente:



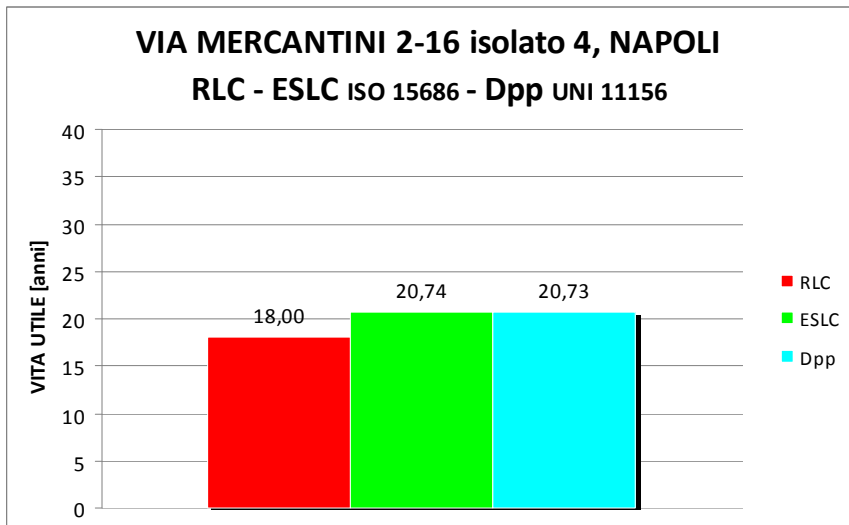
**6.15.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	20,74 [anni]	20,73 [anni]	+ 15,22 [%]	+ 15,17 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



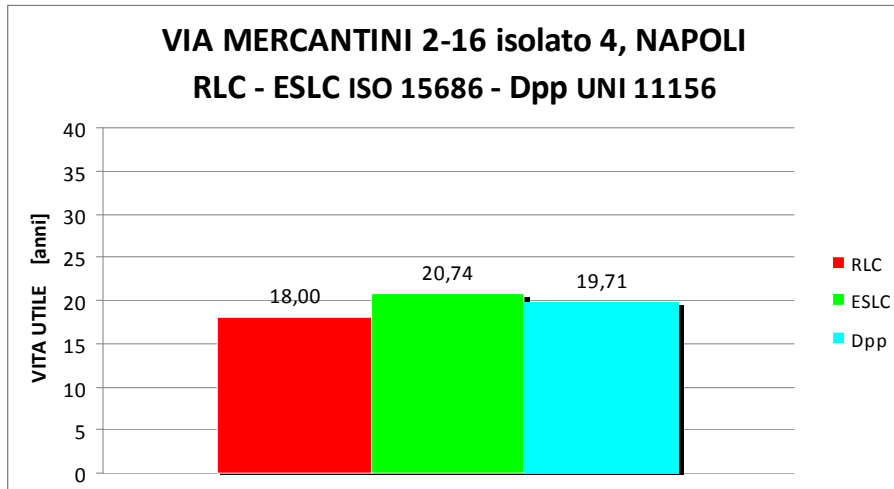
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,22 % ovvero di 2,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 15,17 % ovvero di 2,73 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	20,74 [anni]	19,71 [anni]	+ 15,22 [%]	+ 9,50 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,22 % ovvero di 2,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 9,50 % ovvero di 1,71 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.16 EDIFICIO 16 – Via .Mercantini 2-16 (IS.5).

### 6.16.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 16a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via MERCANTINI2-16 (IS. 5) (NA)



Foto n. 46 - Facciata su Via Mercantini

**UBICAZIONE NELCOMPRESORIO:**



Foto n. 47 – Inquadramento territoriale



Foto n. 48 – Planimetria generale

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti a solaio piano sono latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo ruvido di colore giallo chiaro con fasce marcapiano di colore grigio.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da sei corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni destinati a verde e zona di sosta per le autovetture, ha un'area di sedime di circa 250 mq ed un'altezza massima di circa 24 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 6000 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

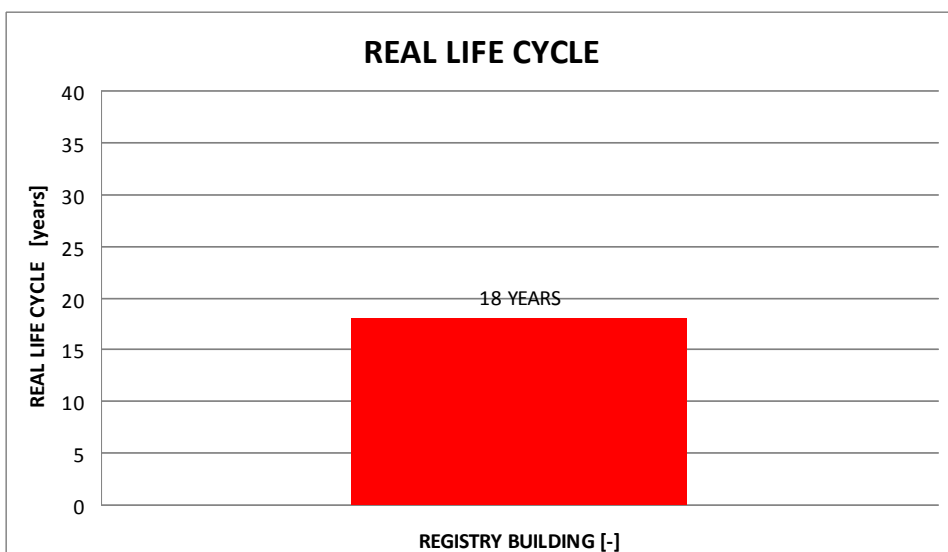
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>3</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			16b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1989	2° rilievo 2007	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo ruvido	stato 1	stato 4	

#### 6.16.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1989 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2007, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.

<sup>3</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.16.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

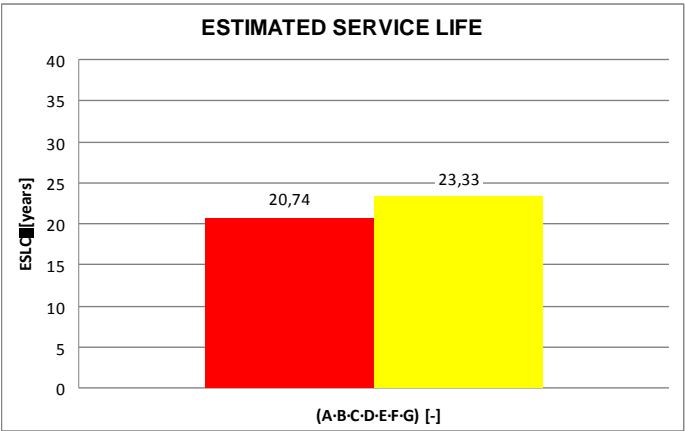
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-O</b>	<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,52	0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>20,74</b>	<b>23,33</b>

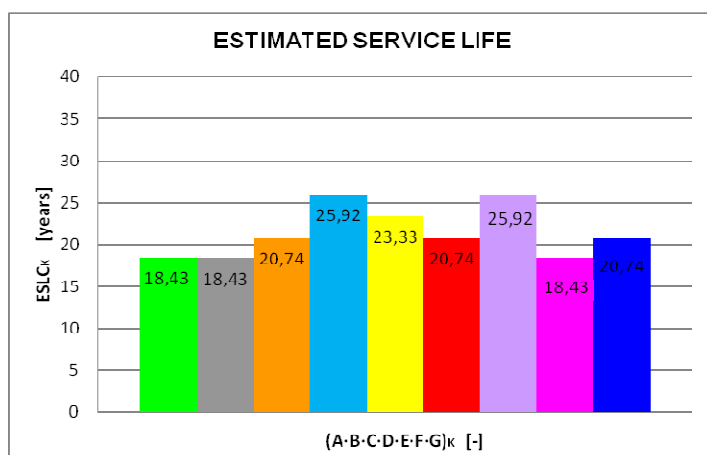
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT											
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-E	FRO NT N-O	FRONT N	FRONT O	FRONT S	FRONT S-O	FRONT S-E	FRONT E	FRONT S-E
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,80	0,80	0,80	1,00	0,90	0,90	1,00	0,80	0,80
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,46	0,46	0,52	0,65	0,58	0,52	0,65	0,46	0,52
RSLC [YEARS]			40,00								
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			18,43	18,43	20,74	25,92	23,33	20,74	25,92	18,43	20,74

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.16.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

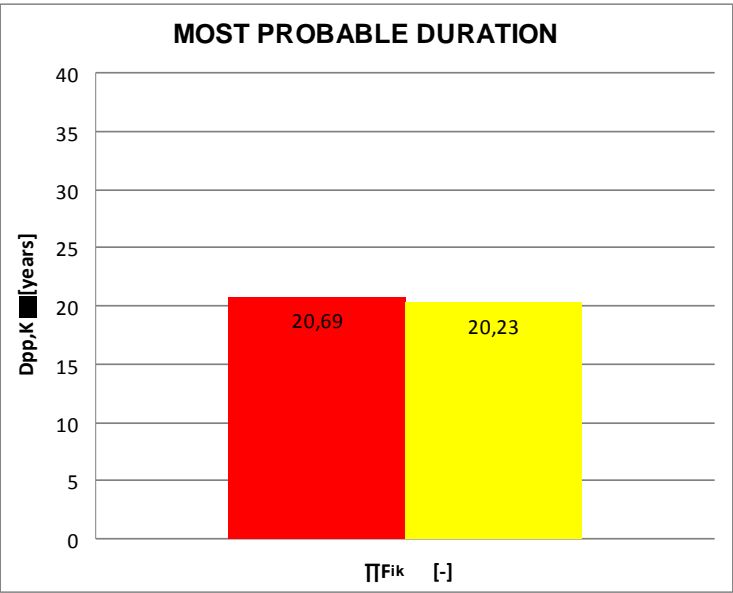
$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATON					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36	0,99	36
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,08	18,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00
∏F <sub>i,k</sub>		1,03		1,01	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		20,69		20,23	

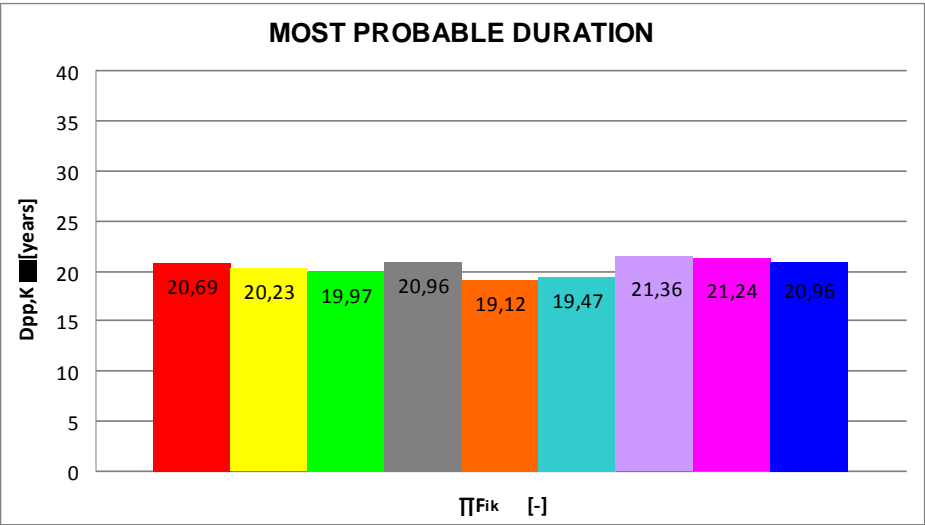
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION																			
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-O		FRONT S		FRONT N-E		FRONT N-O		FRONT N		FRONT S-O		FRONT S-E		FRONT N-E		FRONT S-E	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤UR≤85%	5,00	35%≤UR≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤UR≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	0,99	36	1,02	40	1,02	40	1,02	40
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-O	3,00	S	1,00	N-E	3,00	N-O	3,00	N	0,00	O	1,00	S-E	3,00	E	1,00	S-E	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	0,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,08	18,00	1,11	20	1,11	20	1,01	12	1,08	18,00	1,11	20,00	1,08	18	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without opening	0,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without opening	0,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without opening	0,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,97	20	0,97	20	0,93	10
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/	10,00	Flat 2/	10,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/6	6,00	Flat 2/	10,00	Flat 2/	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	Absent	0,00	Absent	0,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses.	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	28,00	0,97	28,00	0,99	33,00	0,99	33,00
T F <sub>ik</sub>		1,03		1,01		1,00		1,05		0,96		0,97		1,07		1,06		1,05	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00																	
D <sub>pp,K</sub> [years]		20,65		20,23		19,97		20,96		19,12		19,47		21,36		21,24		20,46	

Evidenziando i risultati graficamente:



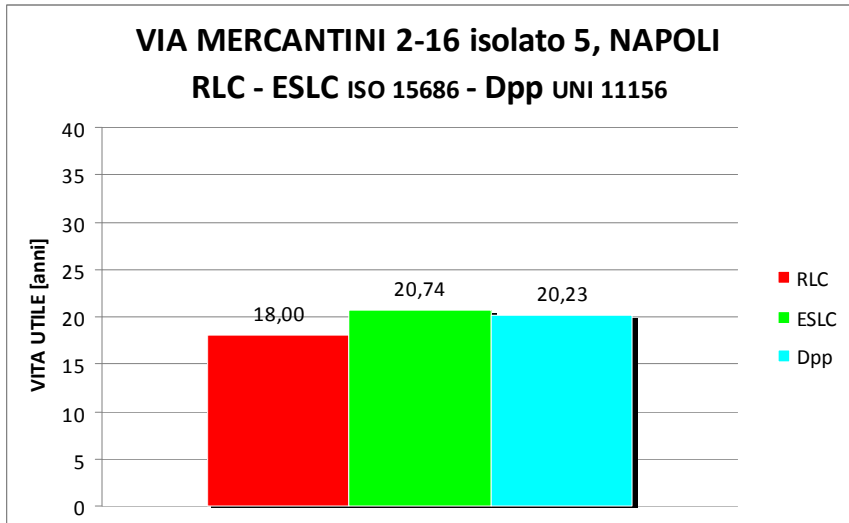
**6.16.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall’applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall’osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [anni]	20,74 [anni]	20,23 [anni]	+ 15,22 [%]	+ 12,39 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



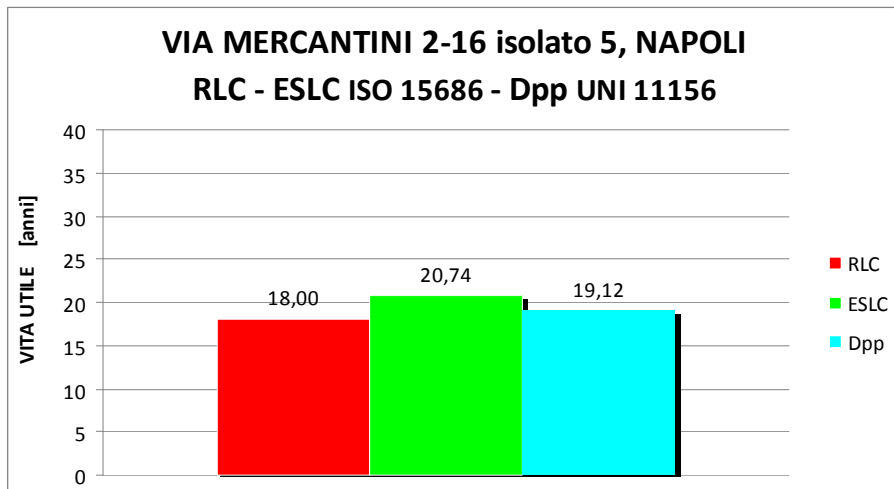
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,22% ovvero di 2,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 12,39 % ovvero di 2,23 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	20,74 [anni]	19,12 [anni]	+ 15,22 [%]	+ 6,22 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 15,22 % ovvero di 2,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 6,22 % ovvero di 1,12 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.17 EDIFICIO 17 – Via .Mercantini 2-16 (IS.2).

### 6.17.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 17

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via MERCANTINI 2-16 (IS. 2) (NA)



Foto n. 49 - Facciata su Via del Parco Margherita

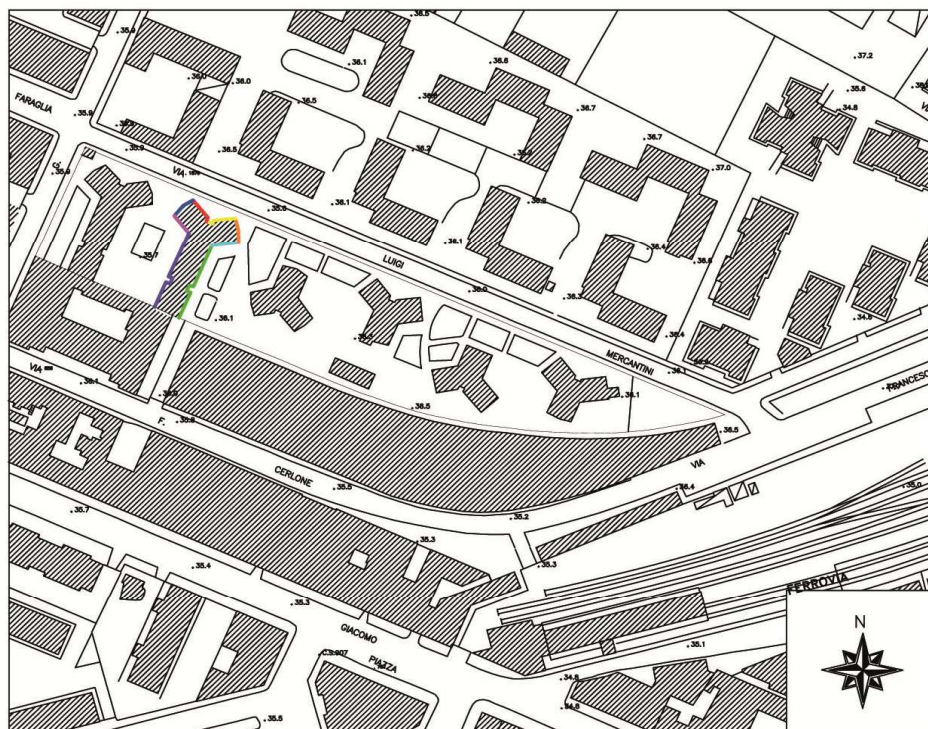
**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 50 – Inquadratura territoriale



PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:2000



Prospetto Nord - Est ————  
 Prospetto Nord ————  
 Prospetto Est ————  
 Prospetto Sud ————

Prospetto Sud - Est ————  
 Prospetto Nord - Ovest ————  
 Prospetto Sud - Ovest ————  
 Prospetto Nord - Ovest ————

Foto n. 51 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto è all'incirca 1957

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti a solaio piano sono latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo ruvido di colore giallo chiaro con fasce marcapiano di colore arancio.



**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da sei corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni destinati a verde e zona di sosta per le autovetture, ha un'area di sedime di circa 415 mq ed un'altezza massima di circa 24 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 9960 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

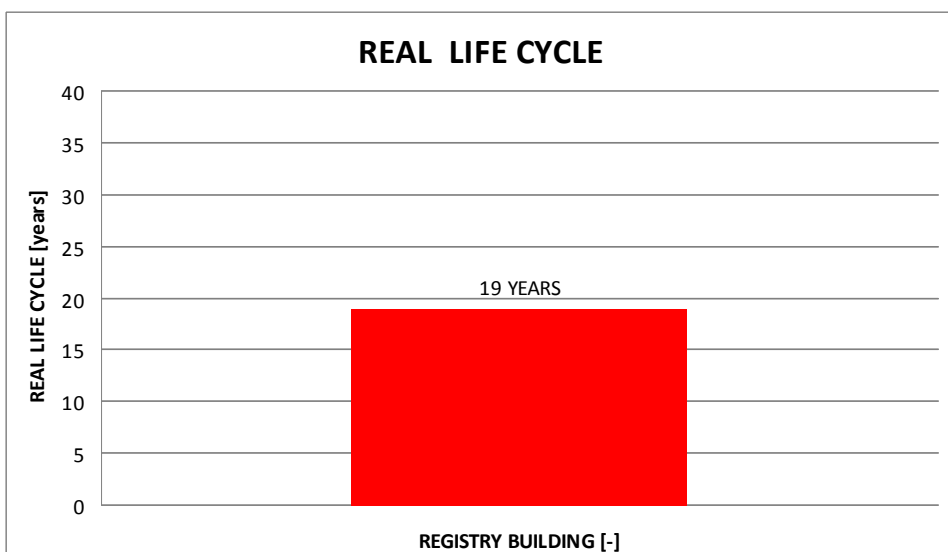
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>4</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			17b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1984	2° rilievo 2003	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio	stato 1	stato 4	

### 6.17.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1984 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1(in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2003, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.

<sup>4</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



La RLC = 19 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.17.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

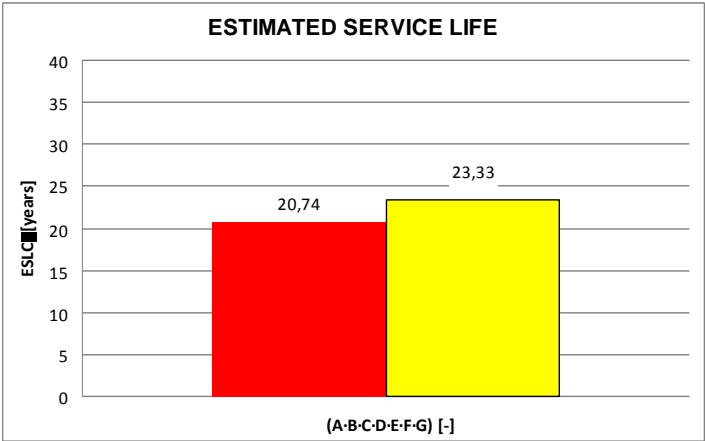
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>				
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-E</b>	<b>FRONT N</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	0,90	0,90
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,52	0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00	40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>20,74</b>	<b>23,33</b>

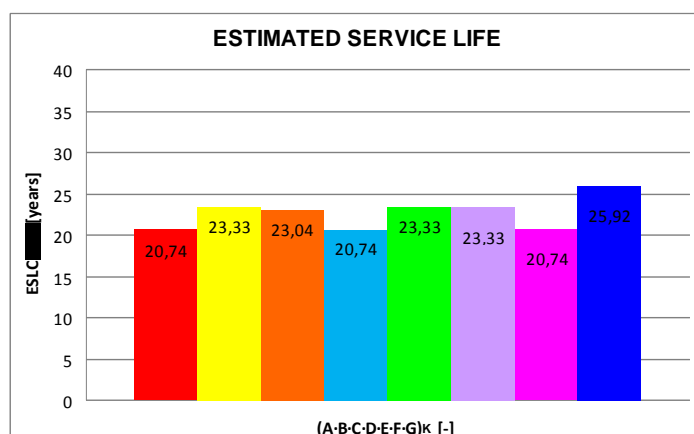
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT									
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-E	FRONT N	FRONT E	FRONT S	FRONT S-E	FRONT N-O	FRONT S-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90	0,80
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	1,00	0,90	0,90	0,90	1,00
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,52	0,58	0,58	0,52	0,58	0,58	0,65
RSLC [YEARS]			40,00						
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			20,74	23,33	23,04	20,74	23,33	23,33	20,74

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.17.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali (Fi). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{\min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{\min}) \right]$$

$$F_{\max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{\min}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- Pmax: valore massimo complessivo;
- Pmin: valore minimo complessivo;
- Pmn: valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

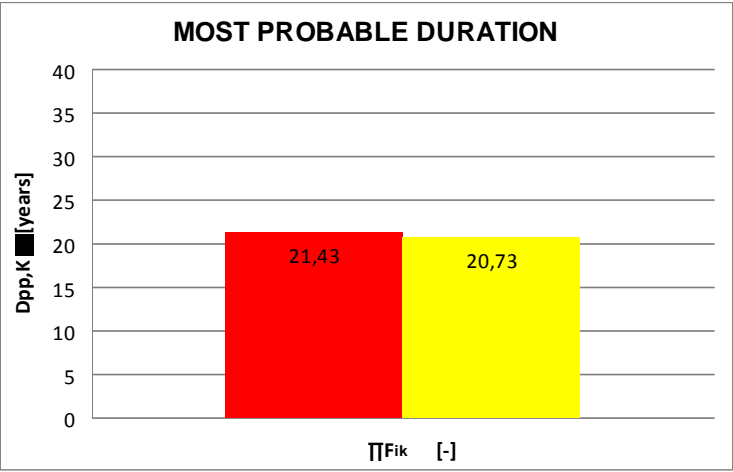
$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATON					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-E		FRONT N	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,02	40	1,02	40
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-E	3,00	N	0,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,07	17,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00
∏F <sub>i,k</sub>		1,07		1,04	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		21,43		20,73	

La rappresentazione grafica risulta:

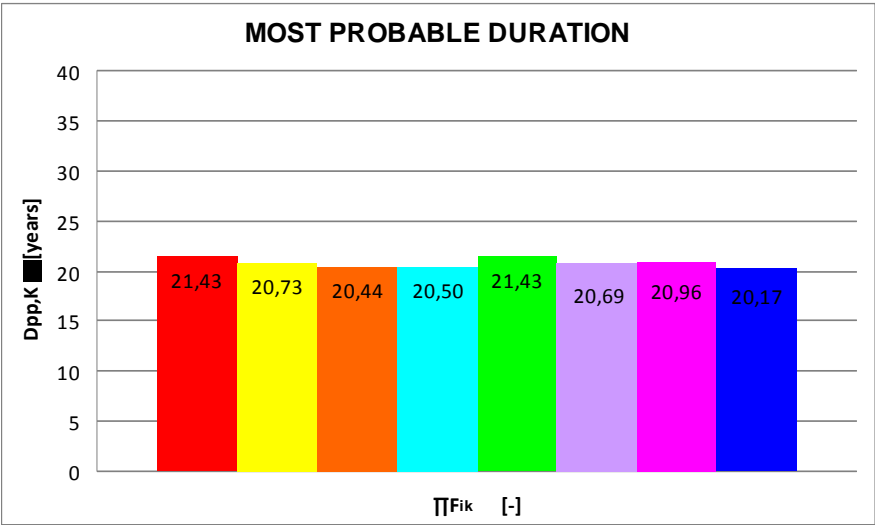




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION																	
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-E		FRONT N		FRONT E		FRONT S		FRONT S-E		FRONT N-O		FRONT S-O		FRONT N-L	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00	I=1,75	12,00	I=1,75	8,00	I=1,75	12,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00	I=1,75	8,00
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,02	40	1,02	40	1,02	40	0,99	36	1,02	40	0,99	36	0,99	36	0,99	36
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-E	3,00	N	0,00	E	1,00	S	1,00	S-E	3,00	N-O	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20,00	1,07	17,00	1,08	18	1,08	18	1,11	20	1,11	20,00	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00	Scabrous	0,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	Without ext.opening	0,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	Without ext.opening	0,00
	TOTAL	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		0,97	20	0,97	20	0,93	10	0,97	20	0,97	20	0,97	20	0,97	20	0,93	10
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2;	10,00	Flat 2;	10,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2;	10,00	Flat 2;	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	Absent	0,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	Absent	0,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses, windows frames	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String courses.	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	32,00	0,99	33,00	0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	33,00	0,99	32,00
∑F <sub>i,k</sub>		1,07		1,04		1,02		1,02		1,07		1,03		1,05		1,01	
D <sub>min</sub> [years]		20,00															
D <sub>PP,K</sub> [years]		21,43		20,73		20,44		20,50		21,43		20,69		20,96		20,17	

Evidenziando i risultati graficamente:



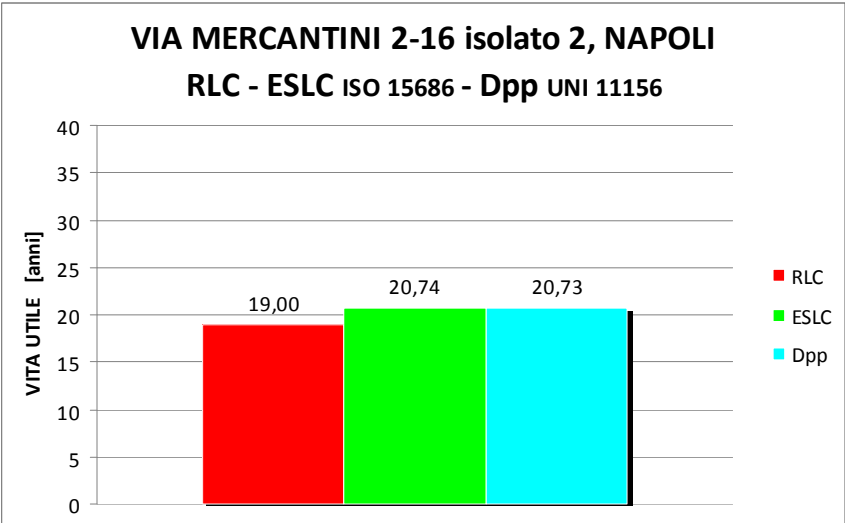
**6.17.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
19,00 [anni]	20,74 [anni]	20,73 [anni]	+ 9,16 [%]	+ 9,11 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



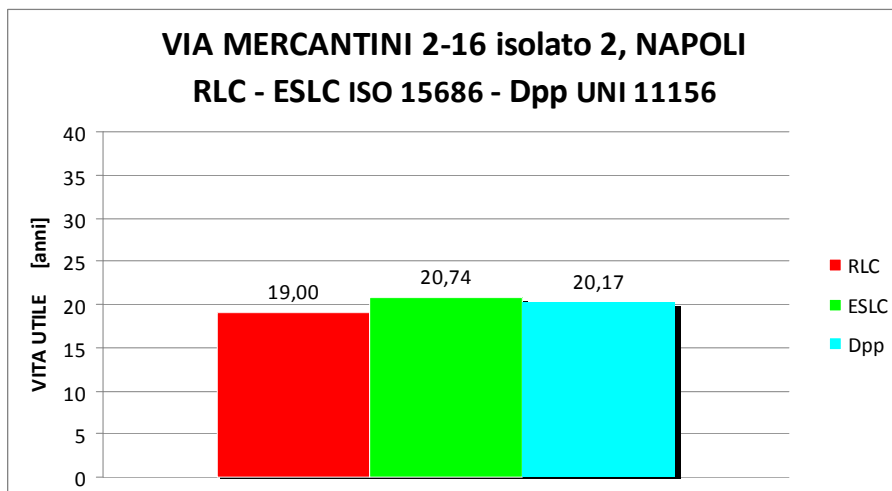
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 9,16% ovvero di 1,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 9,11 % ovvero di 1,73 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	20,74 [anni]	20,17 [anni]	+ 9,16 [%]	+ 6,16 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 9,16% ovvero di 1,74 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 6,16% ovvero di 0,60 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.18 EDIFICIO 18 – Corso Vittorio Emanuele 244.

### 6.18.1 Scheda di rilievo

N° SCHEDA: 18a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** corso VITTORIO EMANUELE 244 (NA)



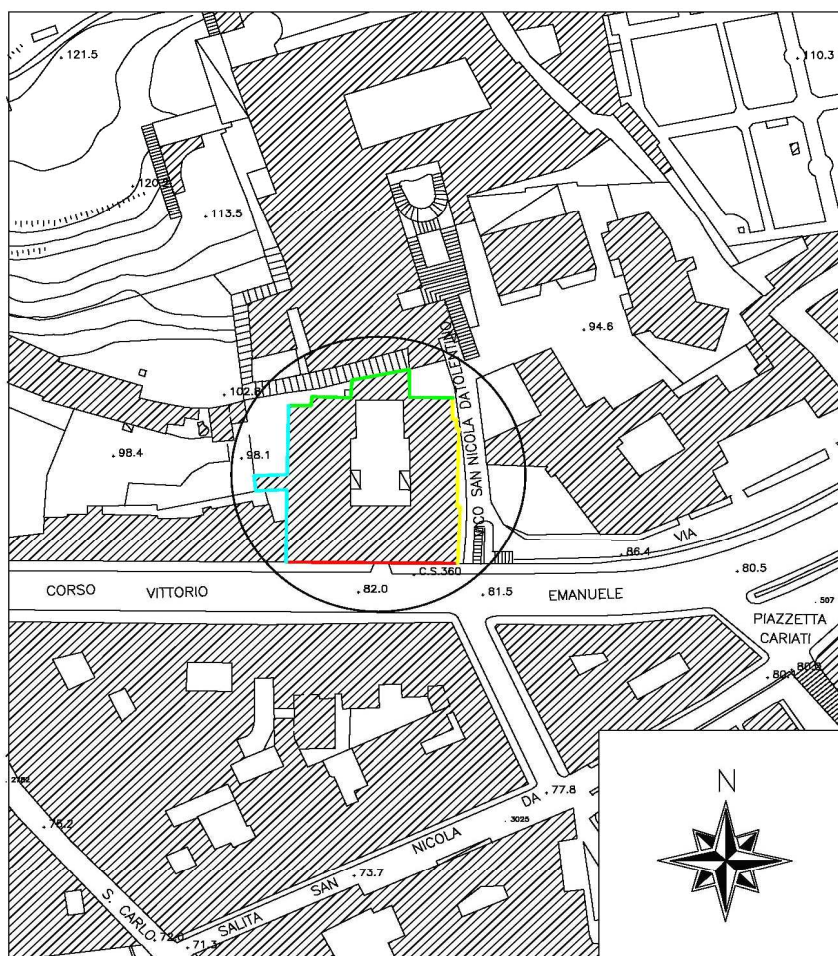
Foto n. 52 - Facciata su Corso Vittorio Emanuele

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 53 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord —  
 Prospetto Est —  
 Prospetto Sud —  
 Prospetto Ovest —

Foto n. 54 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione è 1870.



**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove ricostruiti in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore bianco tranne nella zona del basamento dove abbiamo una zoccolatura con intonaco bugnato di colore grigio fino al secondo piano e cornici marcapiano di colore grigio.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO :** è costituito da due corpi di fabbrica simmetrici rispetto al varco di accesso al cortile interno dal Corso Vittorio Emanuele, ogni corpo di fabbrica è servito da un vano scala.

Sono presenti spazi aperti comuni, ha un'area di sedime di circa 1210 mq ed un'altezza massima di circa 31 m. I piani fuori terra sono 7, per un volume lordo complessivo di circa 37510 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona interna della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

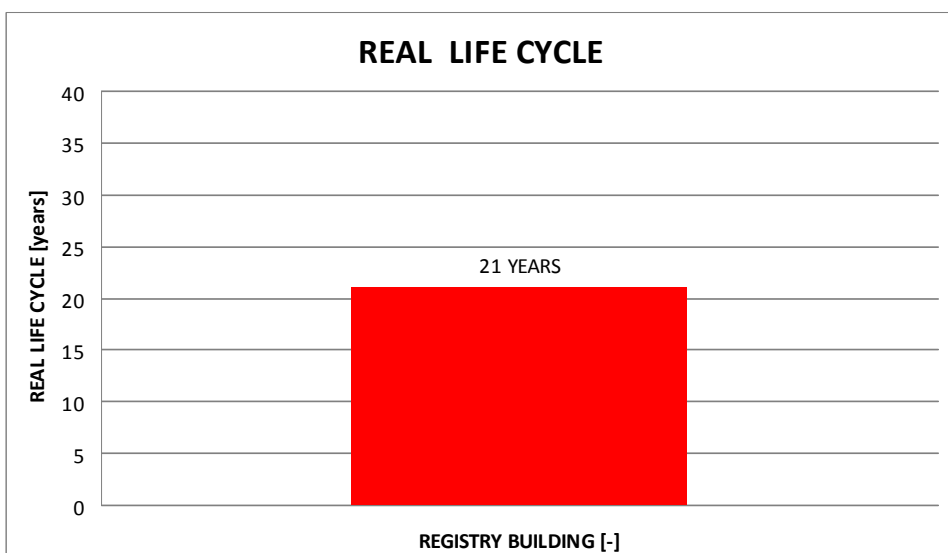
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>5</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			18b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1985	2° rilievo 2006	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>5</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



### 6.18.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del condominio del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1985 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2006, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 21 anni.



La RLC = 21 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.18.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

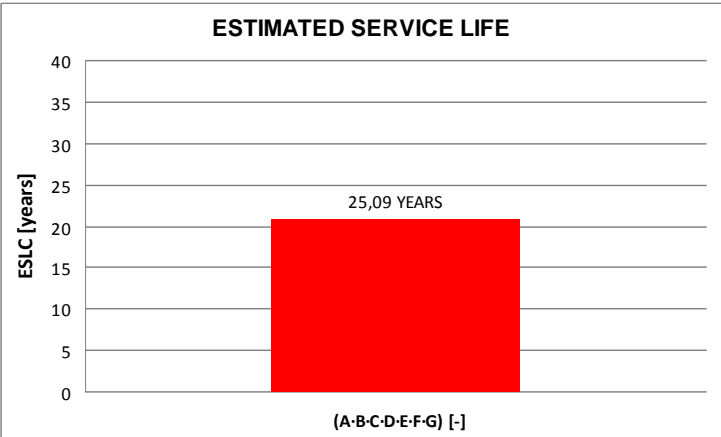
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,10
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,10
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	0,80
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,63
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,09</b>

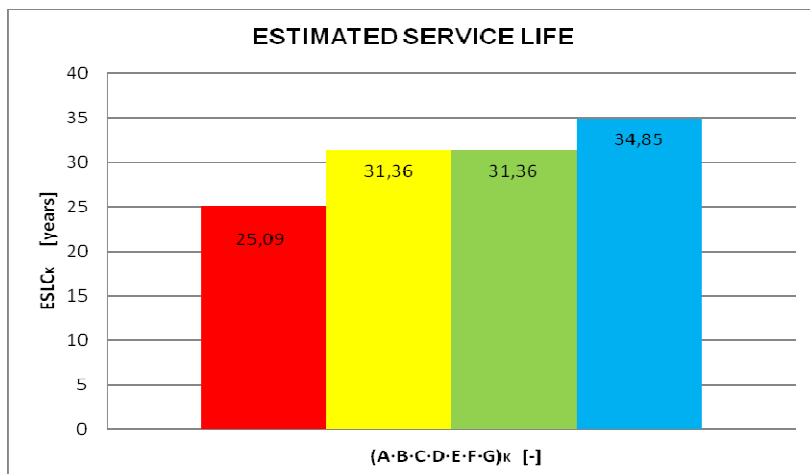
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>						
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S</b>	<b>FRONT E</b>	<b>FRONT N</b>	<b>FRONT O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,10	1,10	1,10	1,10
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,10	1,10	1,10	1,10
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	0,80	1,00	1,00	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90	0,90	0,90	1,00
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	0,90	0,90	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>K</sub></b>			0,63	0,78	0,78	0,87
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00			
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>			<b>25,09</b>	<b>31,36</b>	<b>31,36</b>	<b>34,85</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.18.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

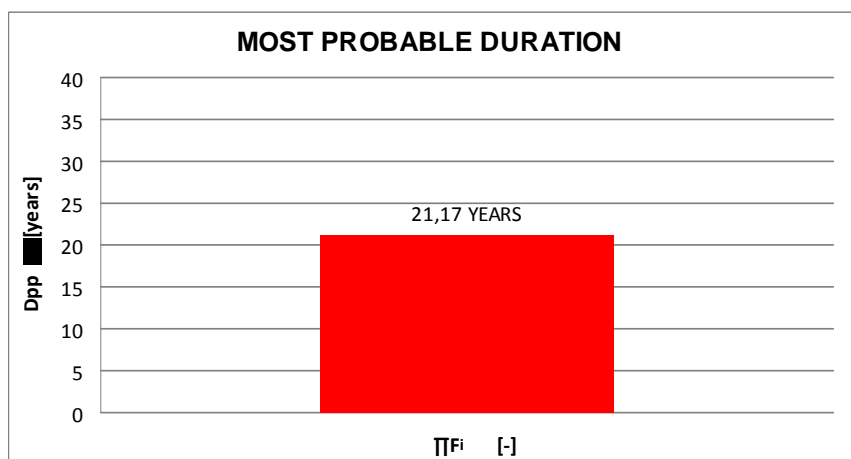
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>35,12</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIROMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S	1,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlloking others buildings	d<H	5,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,08</b>	<b>18</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H>0,4	7,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>35,00</b>
ΠF <sub>i</sub>		1,06	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>21,17</b>	

La rappresentazione grafica risulta:

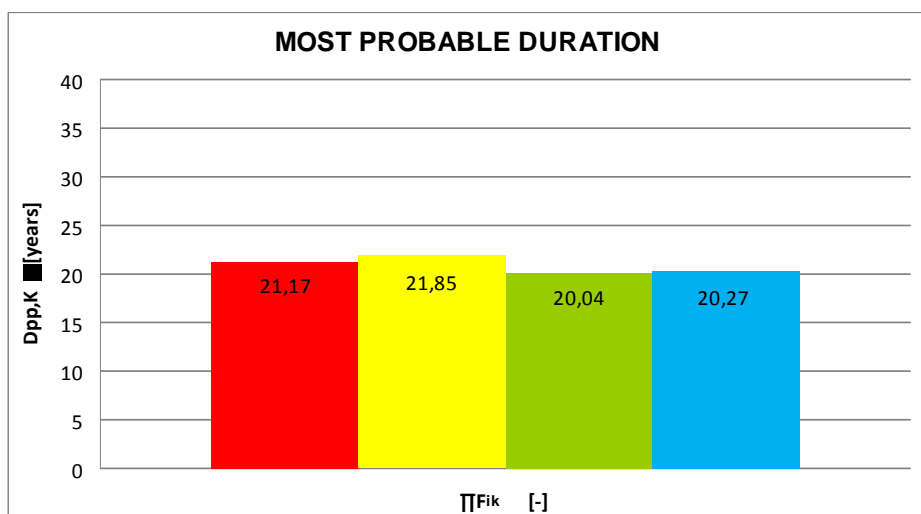


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION									
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S		FRONT E		FRONT N		FRONT O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00	≤13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12	I=1,75	10,68	I=1,75	7,12	I=1,75	7,12
	Snow	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00
	Humidity	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,98	35,12	1,01	38,68	0,98	35,12	0,98	35,12
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S	1,00	E	1,00	N	0,00	O	1,00
	Overlooking the sea	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,08	18	1,08	18	1,07	17	1,08	18
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	without opening	0,00	without opening	0,00
TOTALE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	0,97	20	0,97	20
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2,6	6,00
	Cornice	L/H>0,4	7,00	L/H>0,4	7,00	L/H>0,4	7,00	L/H>0,4	7,00
	Balcony	D/l<0,2	1,00	D/l<0,2	1,00	Absent	0,00	Absent	0,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Windows frames, Downpipe insert in the masonry	10,00	Windows frames, Downpipe inserted in the masonry	10,00	Thickness variation in the masonry, Downpipe insert in the masonry	12,00	Thickness variation in the masonry, Downpipe insert in the masonry	12,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,00	35,00	1,00	35,00	0,99	32,00	0,99	32,00
ΠF <sub>i,k</sub>		1,06		1,09		1,00		1,01	
D <sub>min</sub> [years]		20,00							
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,17		21,85		20,04		20,27	

Evidenziando i risultati graficamente:





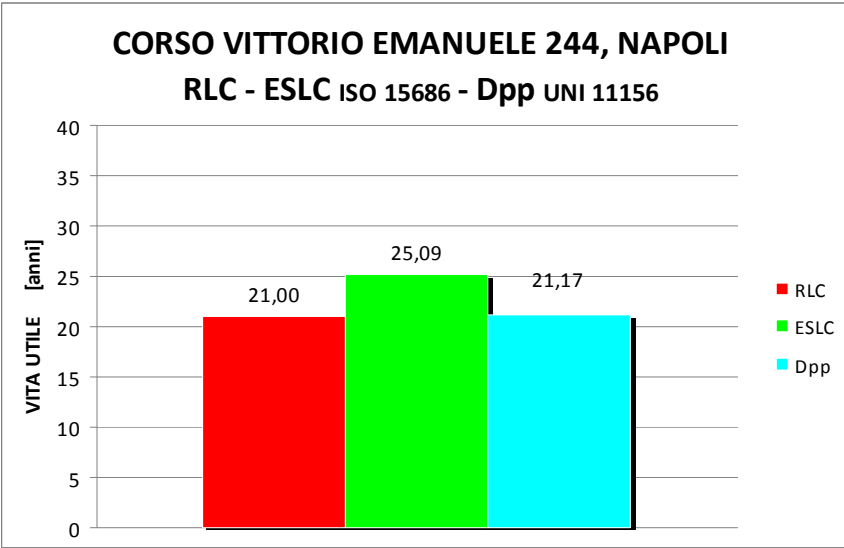
#### 6.18.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
21,00 [anni]	25,09 [anni]	21,17 [anni]	+	19,48 [%]	+ 0,81 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



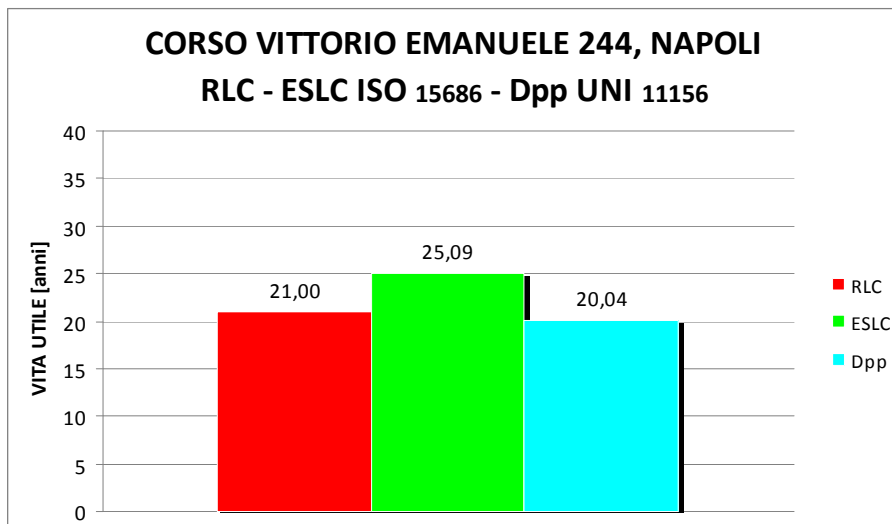
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 19,48% ovvero di 4,09 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 0,81% ovvero di 0,17 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		
21,00 [anni]	25,09 [anni]	20,04 [anni]	+	19,48 [%]	- 4,57 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 19,48 % ovvero di 4,09 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 4,57 % ovvero di 0,96 anni in meno rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.19 EDIFICIO 19 – . Via Piedigrotta 34

### 6.19.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 19a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via PIEDIGROTTA 34 (NA)



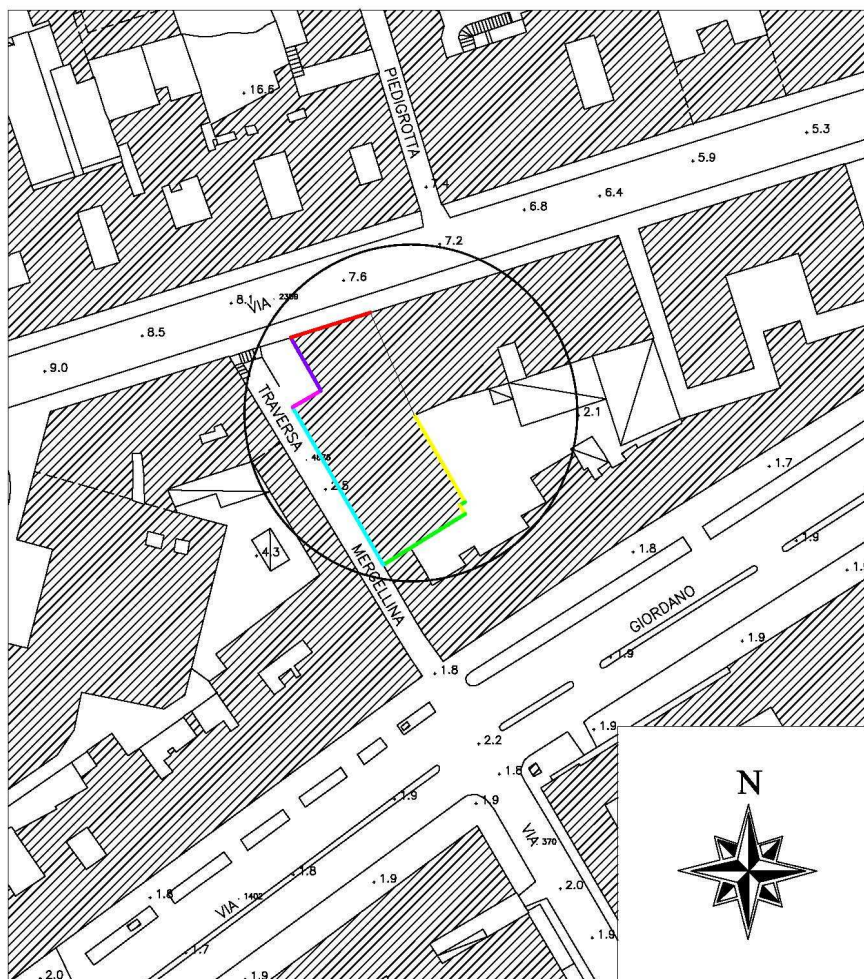
Foto n. 55 - Facciata su Via Piedigrotta

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 56 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord-Ovest	—	Prospetto Sud-Ovest	—
Prospetto Nord-Est	—	Prospetto Nord-Ovest	—
Prospetto Sud-Est	—	Prospetto Sud-Ovest	—

Foto n. 57 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione è 1945.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in calcestruzzo cementizio armato, gli orizzontamenti sono a solaio piano del tipo latero cementizio.

Al primo piano fuori terra il rivestimento è in cemento faccia a vista, al secondo esso è costituito da piastrelle rettangolari di clinker di colore beige, dal terzo gli intonaci sono di malta comune di tipo liscio di colore bianco.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO :** è costituito da un unico corpo di fabbrica, servito da un vano scala e sono presenti spazi aperti comuni, ha un'area di sedime di circa 565 m<sup>2</sup> ed un'altezza massima di 35 m. I piani fuori terra sono 10, per un volume lordo complessivo di circa 19775 m<sup>3</sup>.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

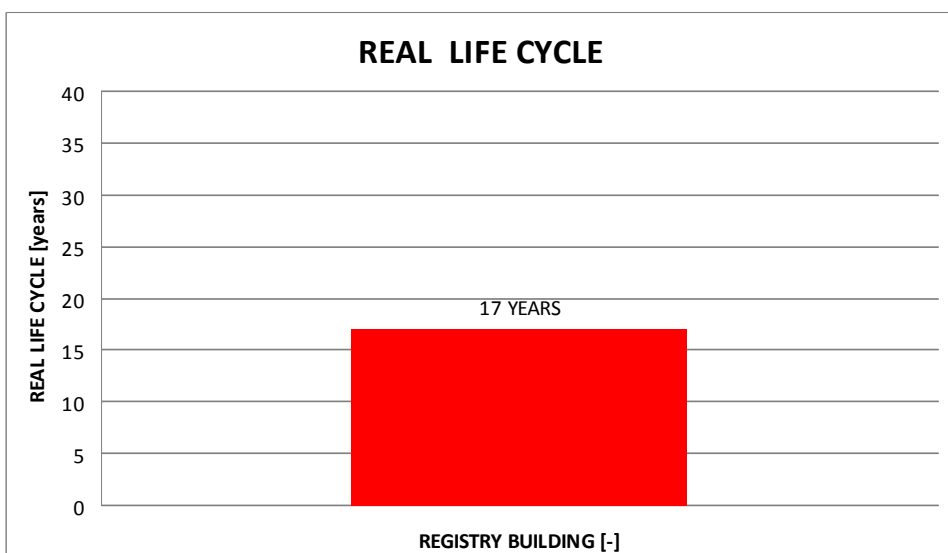
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>1</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			19b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1984	2° rilievo 2001	
pietra naturale/ marmo				
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio	stato 1	stato 4	

<sup>1</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.19.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1984 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2001, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 17 anni.



La RLC = 17 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.19.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

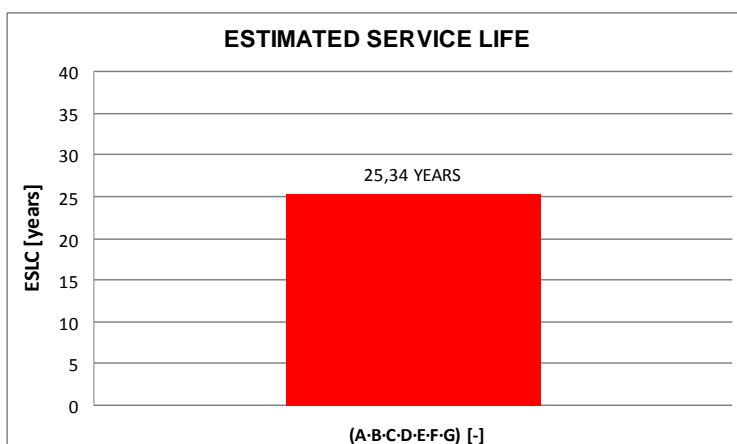
Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,10
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,63
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,34</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

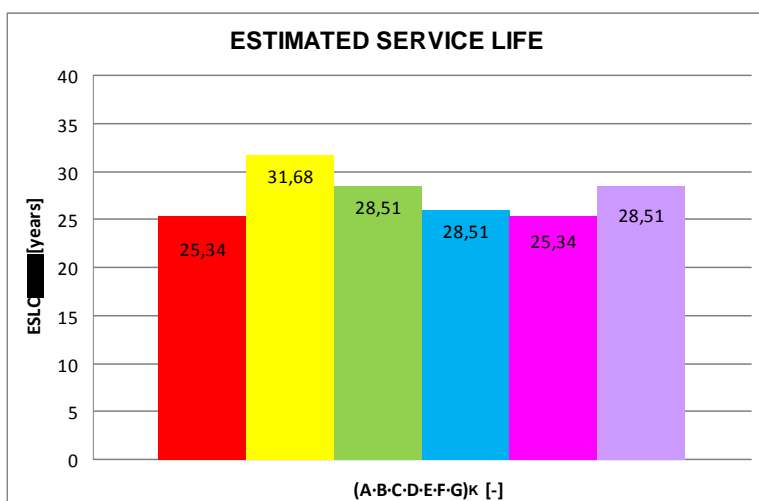




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT								
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-O	FRONT N-E	FRONT S-E	FRONT S-O	FRONT N-O	FRONT S-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	1,00	0,90	0,90	0,80	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,63	0,79	0,71	0,71	0,63	0,71
RSLC [YEARS]			40,00					
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			25,34	31,68	28,51	28,51	25,34	28,51

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.19.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_i^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

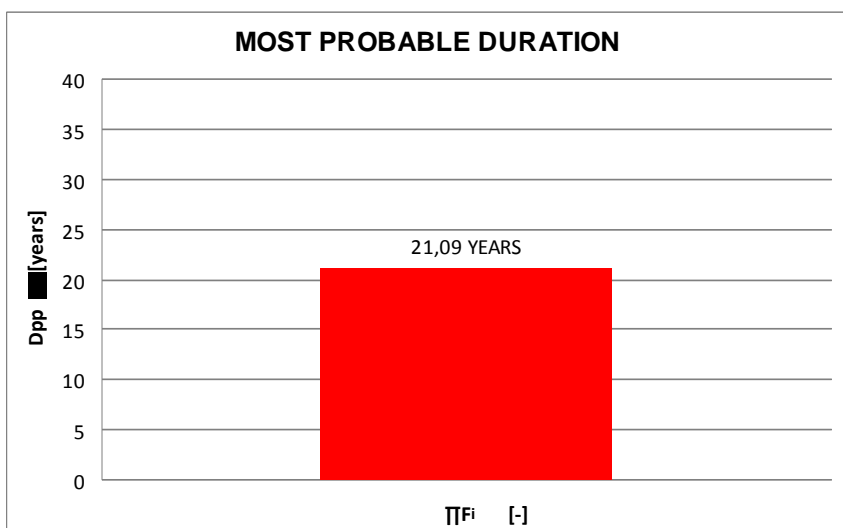
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT N-O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	9,94
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>37,94</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	N-O	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,06</b>	<b>16</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	4,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>33,00</b>
<b>∏F<sub>i</sub></b>		<b>1,05</b>	
<b>D<sub>min</sub> [years]</b>		<b>20,00</b>	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>21,09</b>	

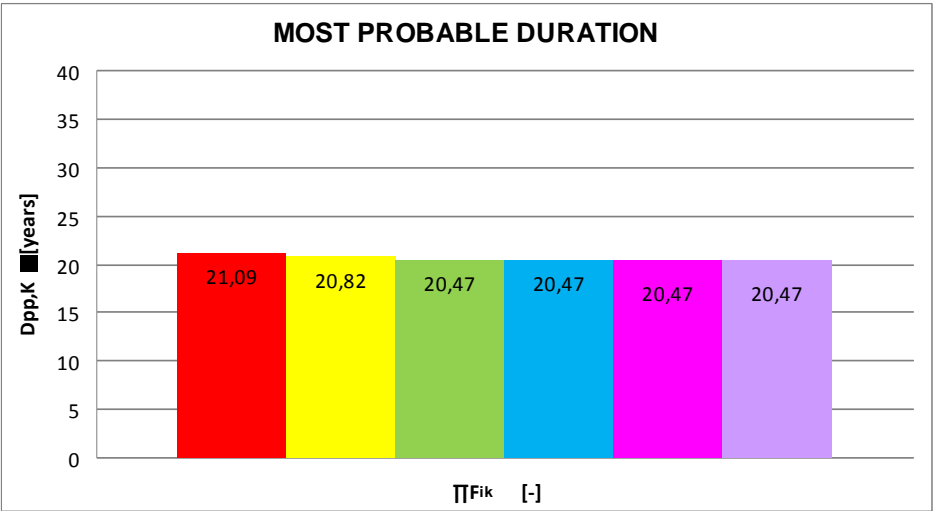
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PR,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION													
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-O		FRONT N-E		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT N-O		FRONT S-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	9,94	I=1,75	9,94	I=1,75	6,62	I=1,75	6,62	I=1,75	6,62	I=1,75	6,62
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		1,00	37,94	1,00	37,94	0,97	34,62	0,97	34,62	0,97	34,62	0,97	34,62
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-O	3,00	N-E	3,00	S-E	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00	S-O	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,06	16	1,06	16	1,06	16	1,06	16	1,06	16	1,06	16
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTALE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/b>0,4	7,00	D/b>0,4	7,00	D/b>0,4	7,00	D/b>0,4	7,00	D/b>0,4	7,00	D/b>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00	Masonry not isolated from the Pillars and slubs flush with the masonry. Windows frames, Downpipe insert in the masonry	2,00
	Critical point		4,00		4,00		4,00		4,00		4,00		4,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	33,00	0,98	29,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,99	33,00	0,99	33,00
T F <sub>1,4</sub>		1,05		1,04		1,02		1,02		1,02		1,02	
D <sub>PR</sub> [years]		20,00											
D <sub>PR,K</sub> [years]		21,09		20,82		20,47		20,47		20,47		20,47	

Evidenziando i risultati graficamente:



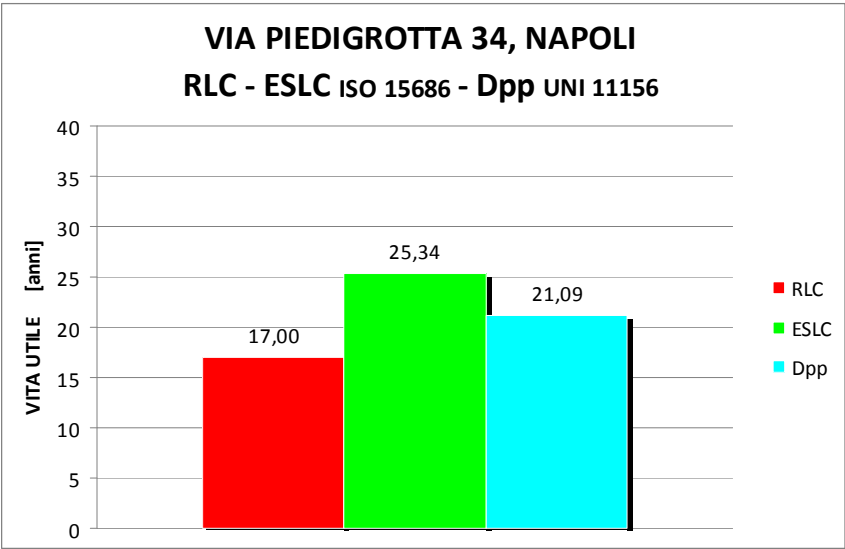
**6.19.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali. Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
17,00 [anni]	25,34 [anni]	21,09 [anni]	+ 49,06 [%]	+ 24,06 [%]



Visualizzando i risultati graficamente:



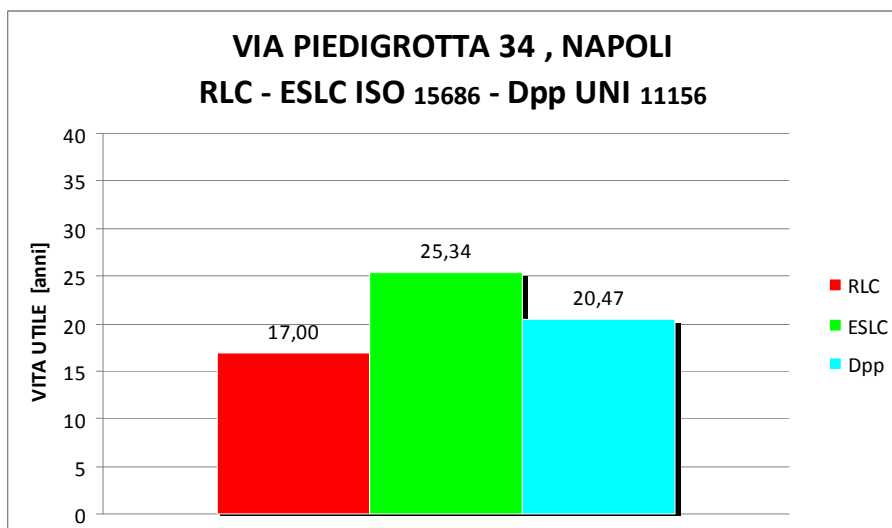
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 49,06% ovvero di 8,34 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta superiore del 24,06 % ovvero di 4,09 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
17,00 [anni]	25,34 [anni]	20,47 [anni]	+ 49,06 [%]	+ 20,41 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 49,06 % ovvero di 8,34 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 20,41 % ovvero di 3,47 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.20 EDIFICIO 20 – Via Piedigrotta 54

### 6.20.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 20a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via PIEDIGROTTA 54, Napoli



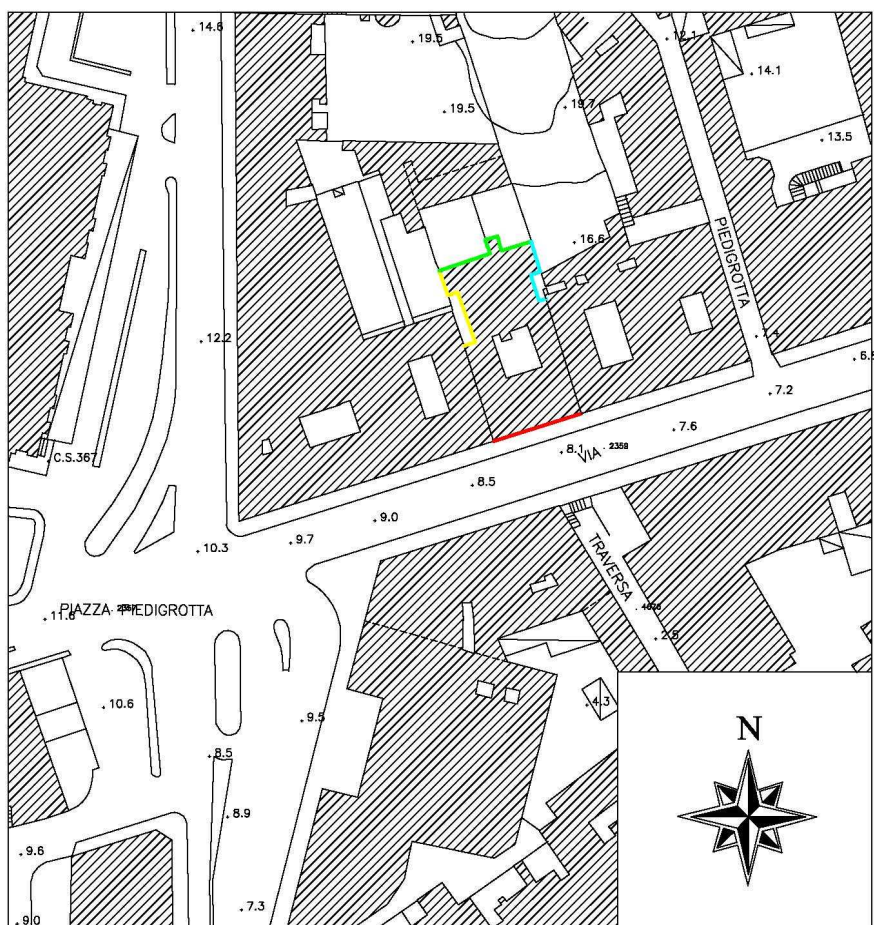
Foto n. 58 - Facciata su Via Piedigrotta

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 59 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



- Prospetto Sud-Est —
- Prospetto Sud-Ovest —
- Prospetto Nord-Ovest —
- Prospetto Nord-Est —

Foto n. 60 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto dell'edificio è intorno al 1800.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadriati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle .

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore rosso pompeiano, fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con una zoccolatura in lastre di pietra vulcanica, al di sopra di essa intonaco bugnato attintato di colore rosso pompeiano nella parte basamentale del fabbricato fino a tutto il primo piano e cornici marcapiano di colore grigio. Il portale d'ingresso è realizzato con pietra vulcanica.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica con corte centrale, servito da un vano scala dal quale si ha accesso alle unità immobiliari dei vari piani; ha un'area di sedime di circa 500 mq ed un'altezza massima di circa 23,64 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 11820 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:**

L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

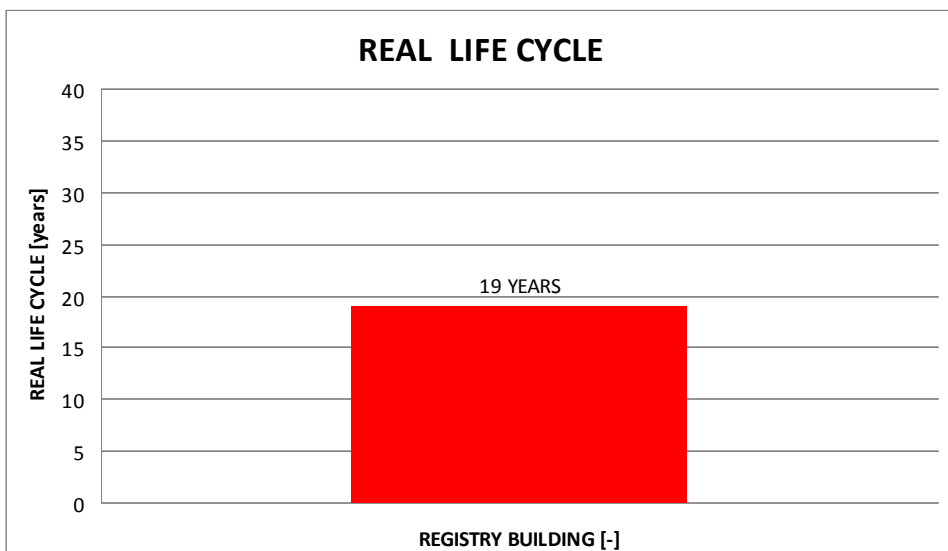
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>2</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			20b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1982	2° rilievo 2001	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>2</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.20.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1982 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2001, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.



La RLC = 19 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.20.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

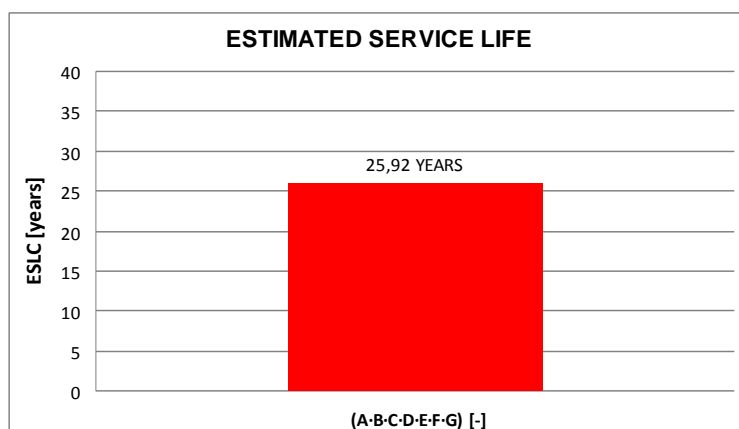
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,65
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,92</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:

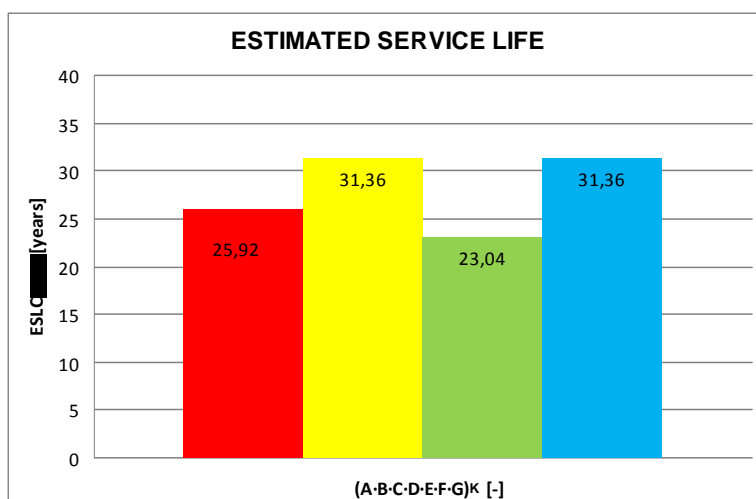


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>						
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>	<b>FRONT S-O</b>	<b>FRONT N-O</b>	<b>FRONT N-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00	0,90	1,00	0,90
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00	0,90	1,00	0,90
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90	1,10	0,80	1,10
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90	1,10	0,90	1,10
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)<sub>K</sub></b>			0,65	0,78	0,58	0,78
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00			
<b>ESLC<sub>K</sub> [YEARS]</b>			<b>25,92</b>	<b>31,36</b>	<b>23,04</b>	<b>31,36</b>

Riportando quanto elaborato in forma grafica:





#### 6.20.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{PP} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{PP}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

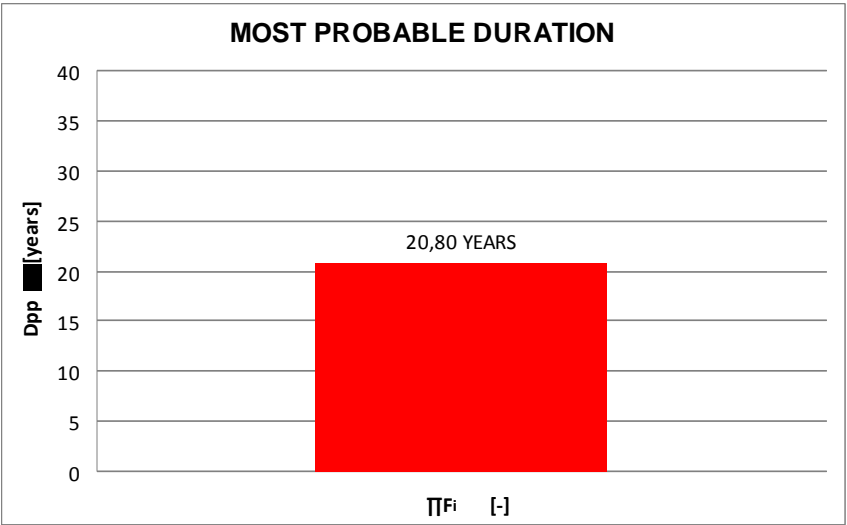
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b><math>D_{pp}</math> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE <math>F_i</math></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b><math>F_1</math>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	$\Delta T$ daily	$\leq 13^\circ C$	10,00
	Rain/wind	$I=1,75$	8,04
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	$35\% \leq U.R. \leq 85\%$	5,00
TOTAL		<b><math>F_1</math></b>	<b><math>P_1</math></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,04</b>
<b><math>F_2</math>: ENVIROMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	$50 < d \leq 500$	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlloking others buildings	$d < H$	5,00
TOTAL		<b><math>F_2</math></b>	<b><math>P_2</math></b>
		<b>1,06</b>	<b>16</b>
<b><math>F_3</math>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	$< 400mq$	10,00
TOTAL		<b><math>F_3</math></b>	<b><math>P_3</math></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b><math>F_4</math>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	$L/H < 0,2$	5,00
	Balcony	$D/l < 0,2$	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Dark	0,00
TOTAL		<b><math>F_4</math></b>	<b><math>P_4</math></b>
		<b>0,99</b>	<b>34,00</b>
$\prod F_i$		1,04	
$D_{mn}$ [years]		20,00	
<b><math>D_{pp}</math> [years]</b>		<b>20,80</b>	

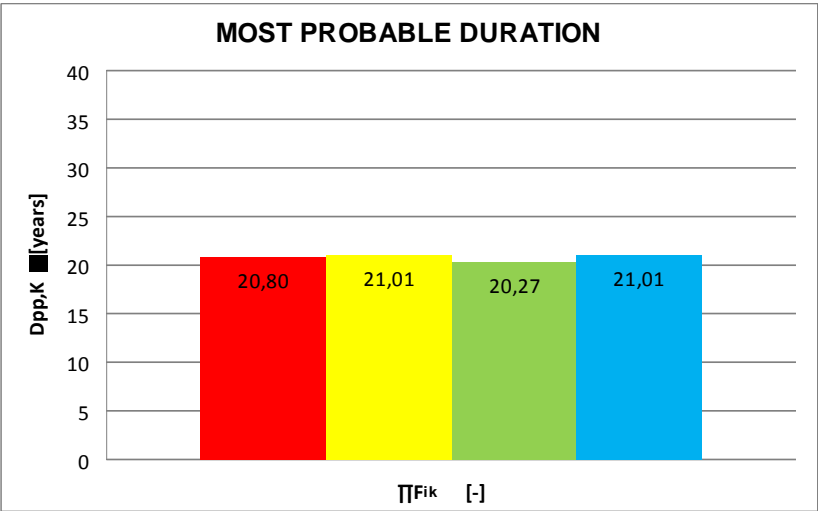
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION									
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>1</sub>		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT N-O		FRONT N-E	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,04	I=1,75	12,07	I=1,75	8,04	I=1,75	12,07
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,04	1,02	40,07	0,99	36,04	1,02	40,07
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-E	3,00	S-O	3,00	N-O	3,00	N-E	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500	4,00	50<d≤500	4,00	50<d≤500	4,00	50<d≤500	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,06	16	1,06	16	1,06	16	1,06	16
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTALE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2:6	6,00	Flat 2:6	6,00	Flat 2:6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00	D/I<0,2	1,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows frames	12,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows	12,00	Thickness variations in the masonry. String courses, windows	12,00
	Color	Dark	0,00	Dark	0,00	Dark	0,00	Dark	0,00
TOTALE		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	34,00	0,97	26,00	0,97	26,00	0,97	26,00
∑F <sub>ik</sub>		1,04		1,05		1,01		1,05	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00							
D <sub>pp,k</sub> [years]		20,80		21,01		20,27		21,01	

Evidenziando i risultati graficamente:



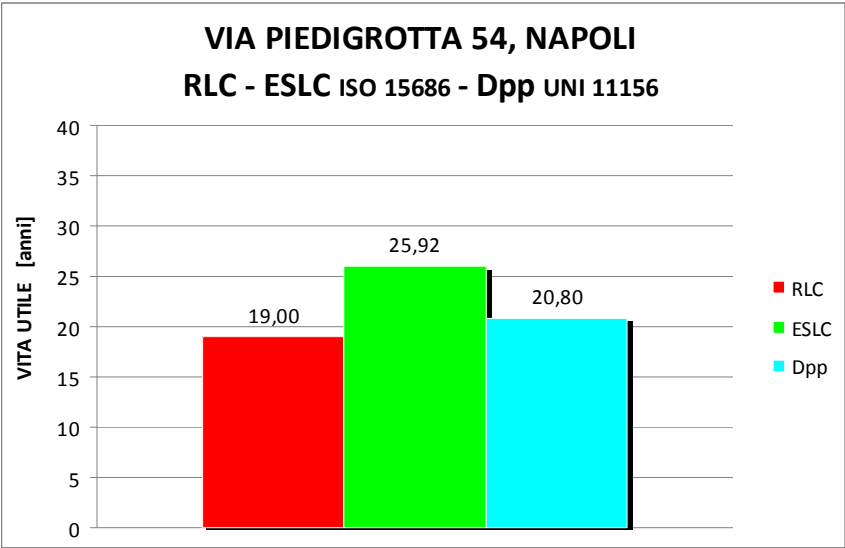
**6.20.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
19,00 [anni]	25,92 [anni]	20,80 [anni]	+ 36,42 [%]	+ 9,47 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



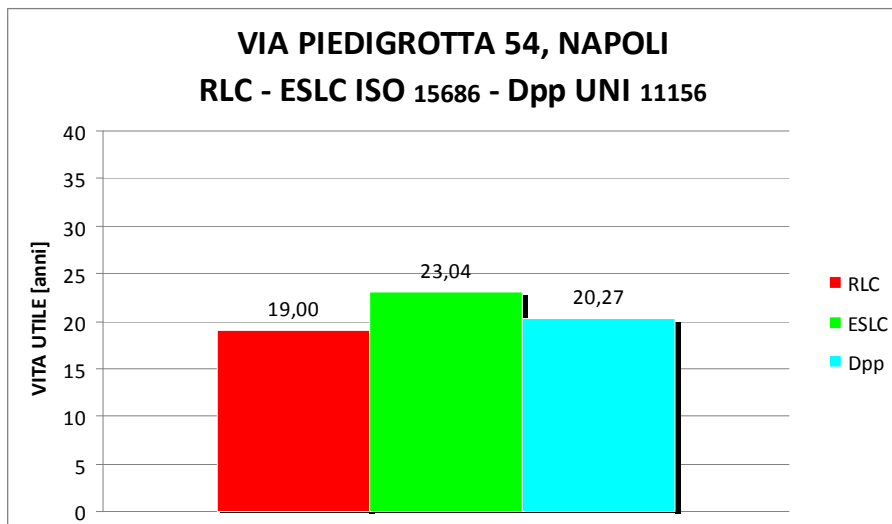
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 36,42 % ovvero di 6,92 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta superiore del 9,47 % ovvero di 1,80 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	23,04 [anni]	20,27 [anni]	+ 21,26 [%]	+ 6,68 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 21,26% ovvero di 4,04 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 6,68 % ovvero di 0,06 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.



## 6.21 EDIFICIO 21 – Via Grotta Vecchia 54

### 6.21.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 21a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** Via Grotta Vecchia 54, Napoli



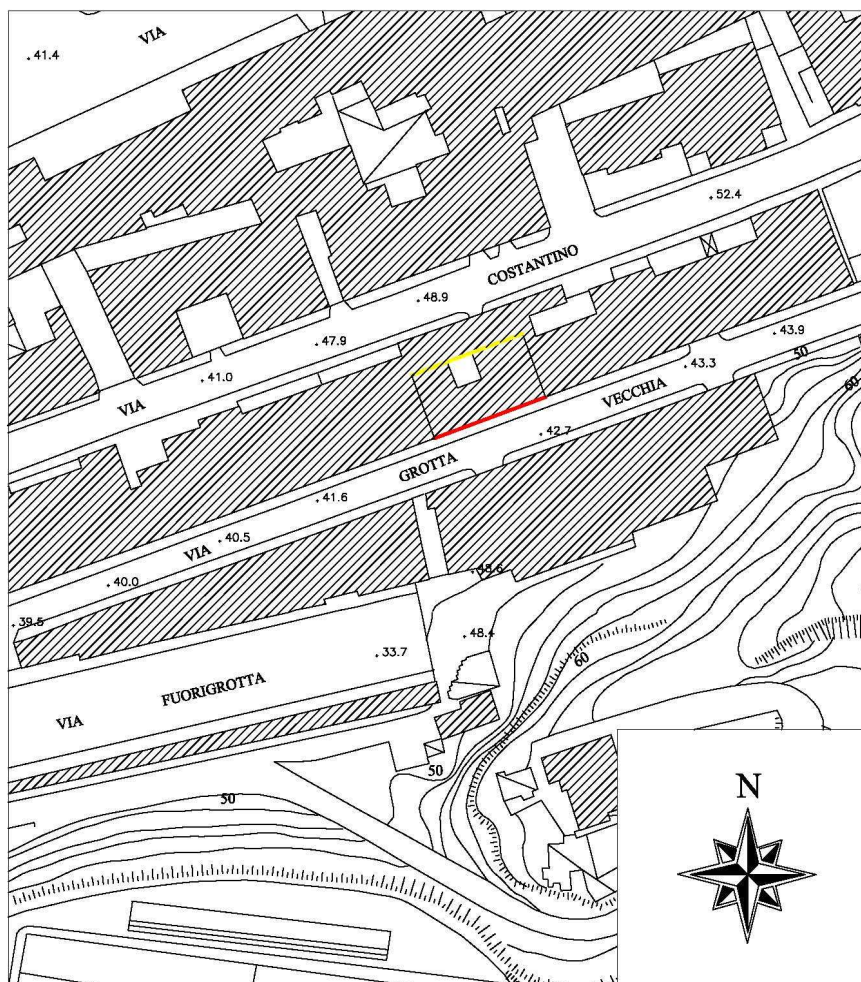
Foto n. 61 - Facciata su Via Grotta Vecchia

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 62 – Inquadramento territoriale

# PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Sud-Est



Prospetto Nord-Ovest



Foto n. 63 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione presunto è agli inizi del 1900.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in muratura di tufo con conci di pietra squadrati a mano e malta di calce, gli orizzontamenti a solaio piano, ove in ferro e tavelloni, ove con travi in legno e panconcelle.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore giallo e cornici marcapiano di colore grigio, fatta eccezione per la zona basamentale realizzata con intonaco bugnato di colore grigio.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO :** costituito da un unico corpo di fabbrica, servito da un vano scala, sono presenti spazi aperti comuni, ha un'area di sedime di circa 320 mq ed un'altezza massima di circa 22 m. I piani fuori terra sono 5, per un volume lordo complessivo di circa 7040 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona interna della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti; la sua posizione, immediatamente a ridosso della galleria e per la presenza di un intenso traffico veicolare subisce tale influenza presentando un degrado superiore alla media.

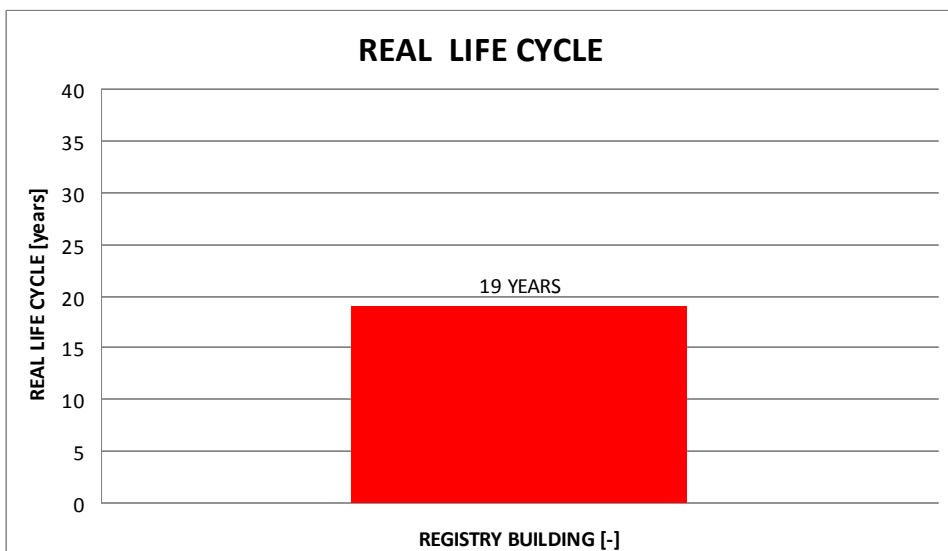
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>3</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIA			21b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1983	2° rilievo 2002	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e bugnato	stato 1	stato 4	

<sup>3</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.21.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1983 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2002, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 19 anni.



La RLC = 19 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.21.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

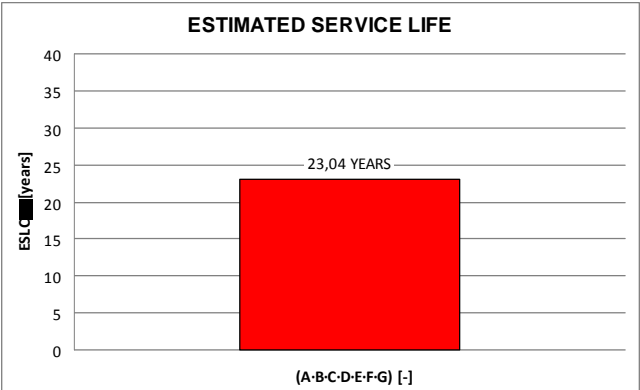
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT S-E</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,90
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,80
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>23,04</b>

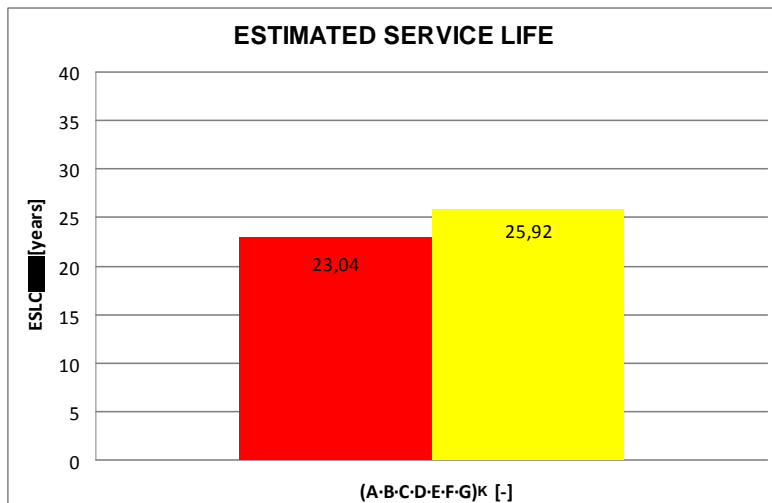
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT				
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S-E	FRONT N-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,80	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,58	0,65
RSLC [YEARS]			40,00	
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			23,04	25,92

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.21.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} \cdot \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato

costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

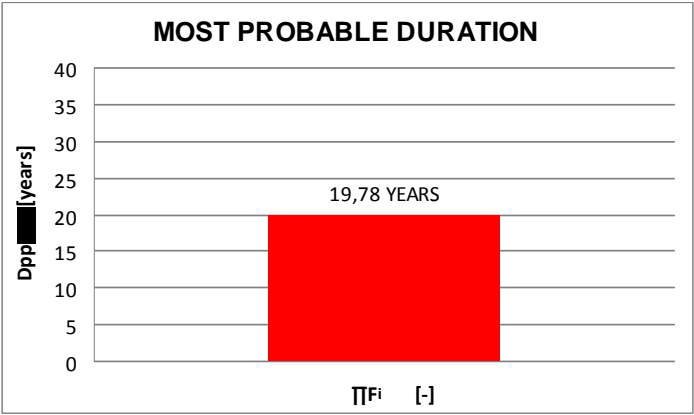


$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT S-E</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,25
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>36,25</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	S-E	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>11,00</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String courses, windows frames	16,00
	Color	Dark	0,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>36,00</b>
ITF <sub>i</sub>		0,99	
D <sub>min</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>19,78</b>	

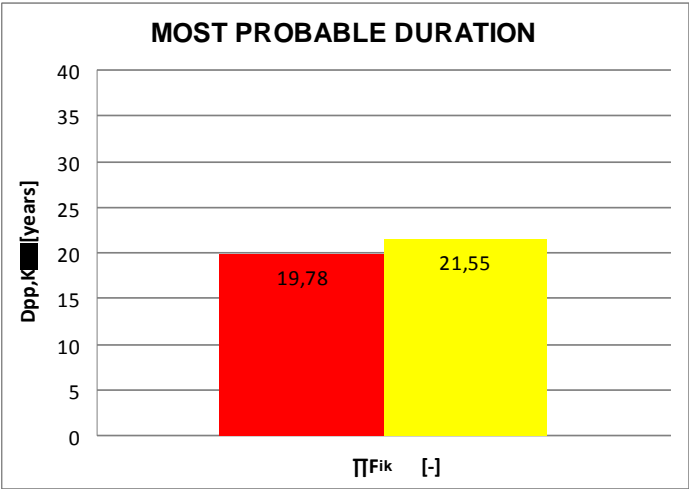
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION					
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT S-E		FRONT N-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	8,25	I=1,75	12,37
	Snow/altitudine	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,99	36,25	1,03	40,37
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	S-E	3,00	N-O	3,00
	Overlooking the sea	50<d≤500m	4,00	50<d≤500m	4,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00
	Overloking others buildings	Free front	0,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,00	11,00	1,06	16,00
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAL		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I<0.2	3,00	D/I<0.2	3,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	String course, windows frames	16,00	Thickness variations in the masonry. String course, windows frames	12,00
	Color	Dark	0,00	Clear	5,00
TOTAL		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		1,00	36,00	0,99	33,00
∏F <sub>i,k</sub>		0,99		1,08	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00			
D <sub>PP,K</sub> [years]		19,78		21,55	

Evidenziando i risultati graficamente:



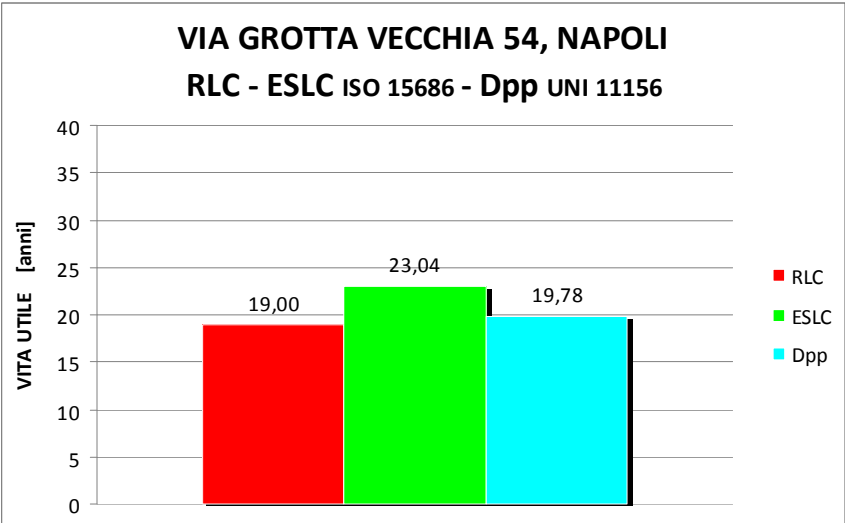
**6.21.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall’applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall’osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	23,04 [anni]	19,78 [anni]	+ 21,26 [%]	+ 4,11 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



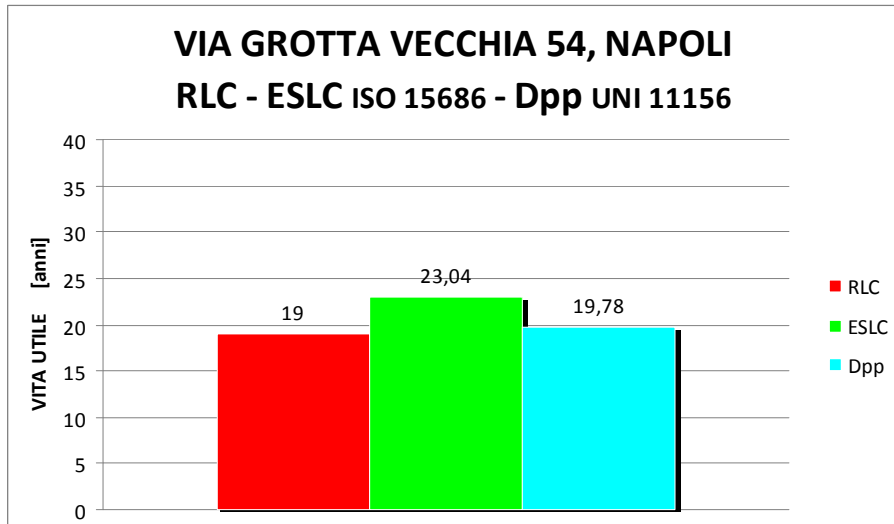
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 21,26 % ovvero di 4,04 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 4,11 % ovvero di 0,78 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
19,00 [anni]	23,04 [anni]	19,78 [anni]	+	21,26 [%]	+ 4,11 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 21,26 % ovvero di 4,04 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 4,11 % ovvero di 0,78 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.22 EDIFICIO 22 – Via Luigi Pirandello 21, (IS. A)

### 6.22.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 22a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via PIRANDELLO 21 (IS. A) (NA)



Foto n. 64 - Facciata su Via Pirandello

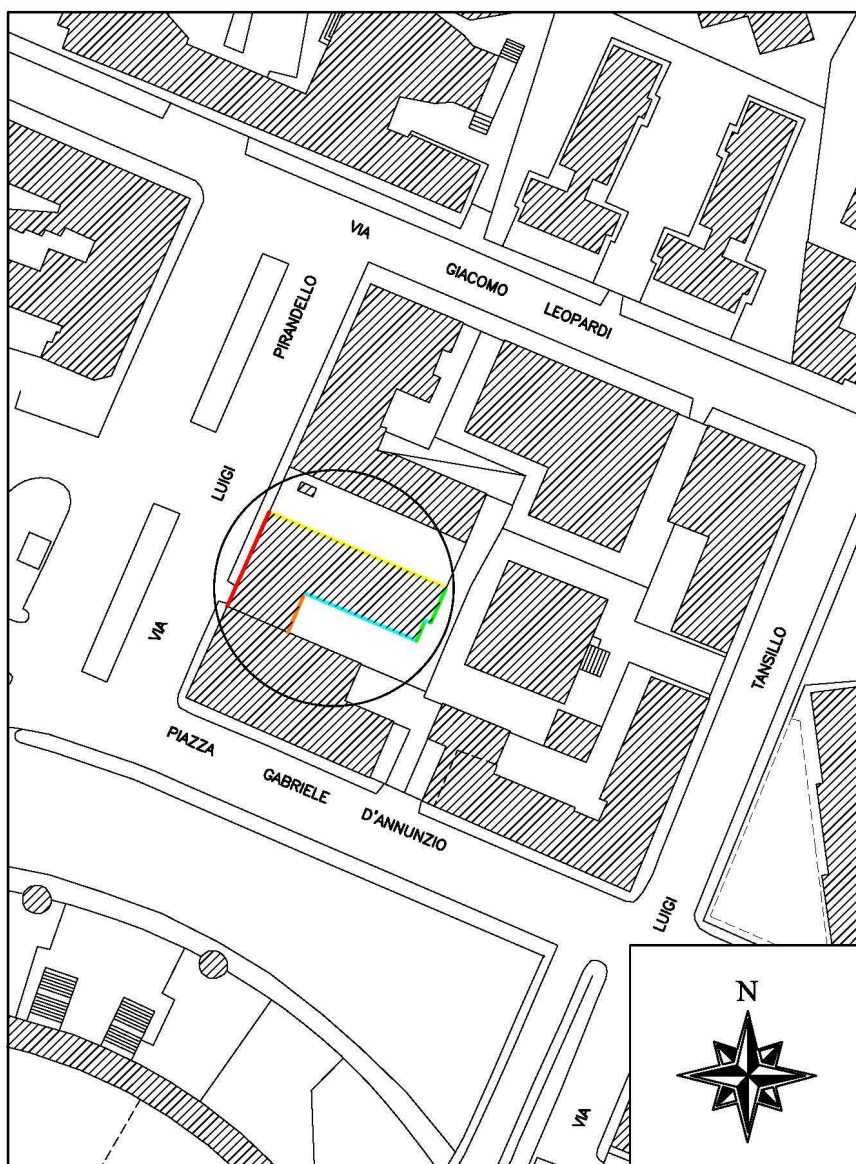
**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 65 – Inquadramento territoriale



# PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord-Ovest	<span style="color: red;">—</span>	Prospetto Sud-Ovest	<span style="color: cyan;">—</span>
Prospetto Nord-Est	<span style="color: yellow;">—</span>	Prospetto Sud-Est	<span style="color: orange;">—</span>
Prospetto Sud-Est	<span style="color: green;">—</span>		

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione è 1950.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti sono a solaio piano latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio e mattoncini tranne nella zona del basamento dove abbiamo una zoccolatura in pietra naturale.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da due corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni., ha un'area di sedime di circa 640 mq ed un'altezza massima di circa 31 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 19840 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

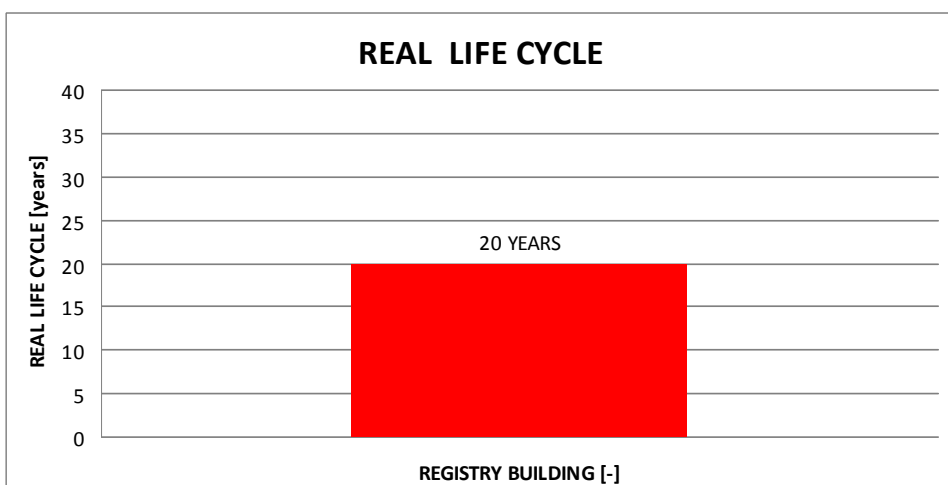
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>4</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			22b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1985	2° rilievo 2005	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
Intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e mattoncini	stato 1	stato 4	

<sup>4</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.22.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1985 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2005, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 20 anni.



La RLC = 20 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.22.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

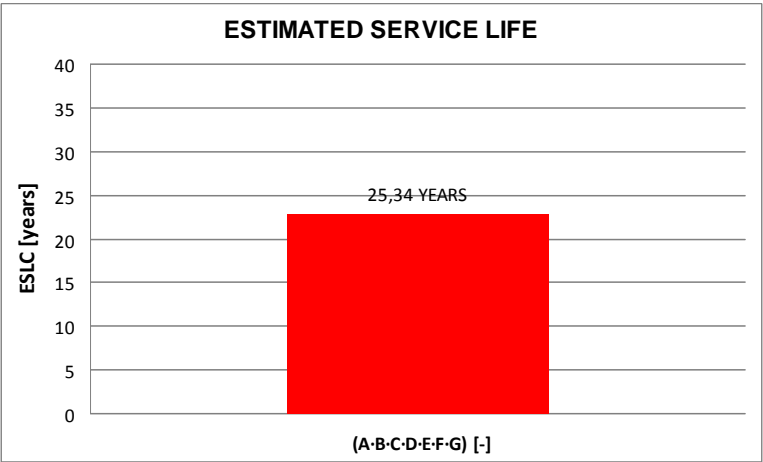
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,10
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,63
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>25,34</b>

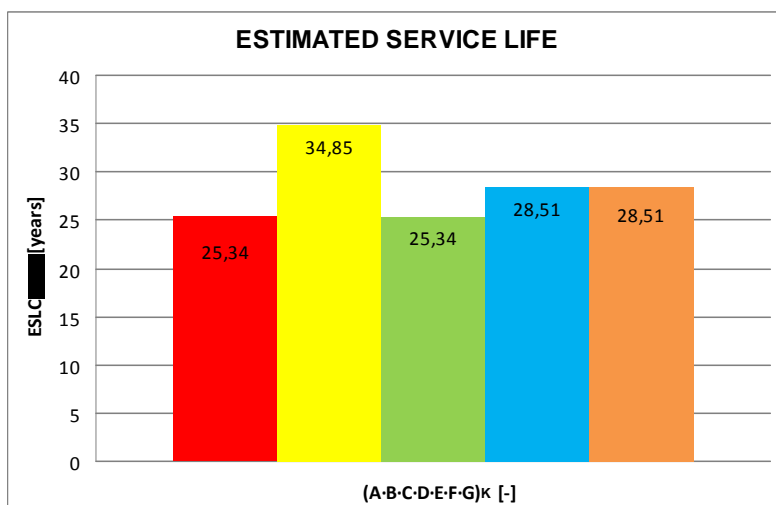
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT							
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-O	FRONT N-E	FRONT S-E	FRONT S-O	FRONT S-E
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	1,10	0,80	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,63	0,87	0,63	0,71	0,71
RSLC [YEARS]			40,00				
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			25,34	34,85	25,34	28,51	28,51

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.22.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali (Fi). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

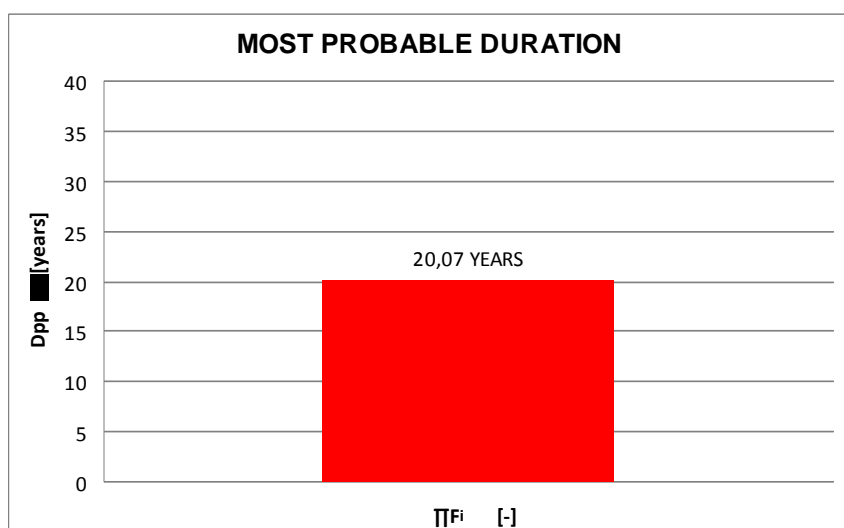
$\Delta F$	$F_{min}$	$F_{max}$	$\Delta P$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



<b>D<sub>PP</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT N-O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>35,12</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Free front	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,05</b>	<b>15</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	4,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>29,00</b>
<b>∏F<sub>i</sub></b>		<b>1,00</b>	
<b>D<sub>mn</sub> [years]</b>		<b>20,00</b>	
<b>D<sub>PP</sub> [years]</b>		<b>20,07</b>	

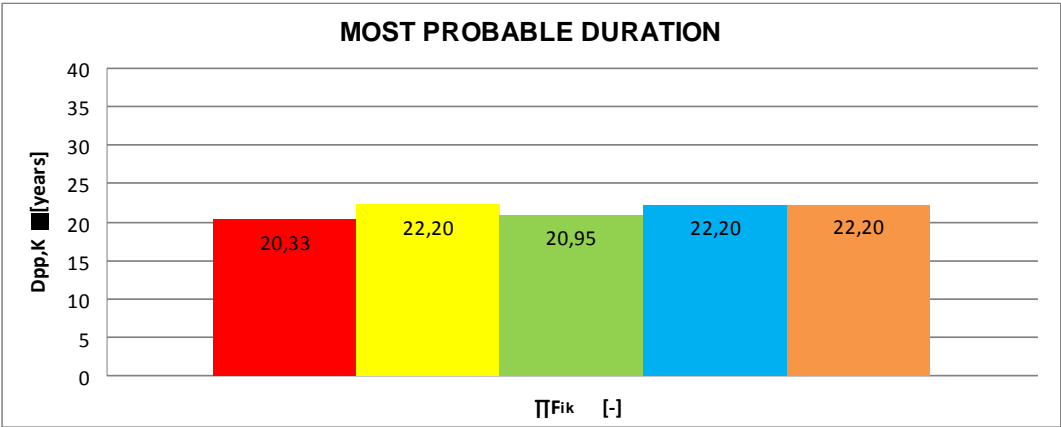
La rappresentazione grafica risulta:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>pp,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION											
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-O		FRONT N-E		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT S-E	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12	I=1,75	10,68	I=1,75	7,12	I=1,75	10,68	I=1,75	10,68
	Snow	Zone III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00	35%<UR≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,98	35,12	1,01	38,68	0,98	35,12	1,01	38,68	1,01	38,68
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-O	3,00	N-E	3,00	S-E	3,00	S-O	3,00	S-E	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Front free	0,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,05	15	1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Dressing	10,00	Dressing	10,00	Dressing	10,00	Dressing	10,00	Dressing	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTALE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry. Thickness variations in the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	0,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry. String course, windows frames. Downpipe insert in the masonry	4,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTALE		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	33,00	0,99	33,00	0,97	25,00	0,99	33,00	0,99	33,00
T F <sub>ik</sub>		1,02		1,11		1,05		1,11		1,11	
D <sub>min</sub> [years]		20,00									
D <sub>pp,K</sub> [years]		20,39		22,20		20,95		22,20		22,20	

Evidenziando i risultati graficamente:



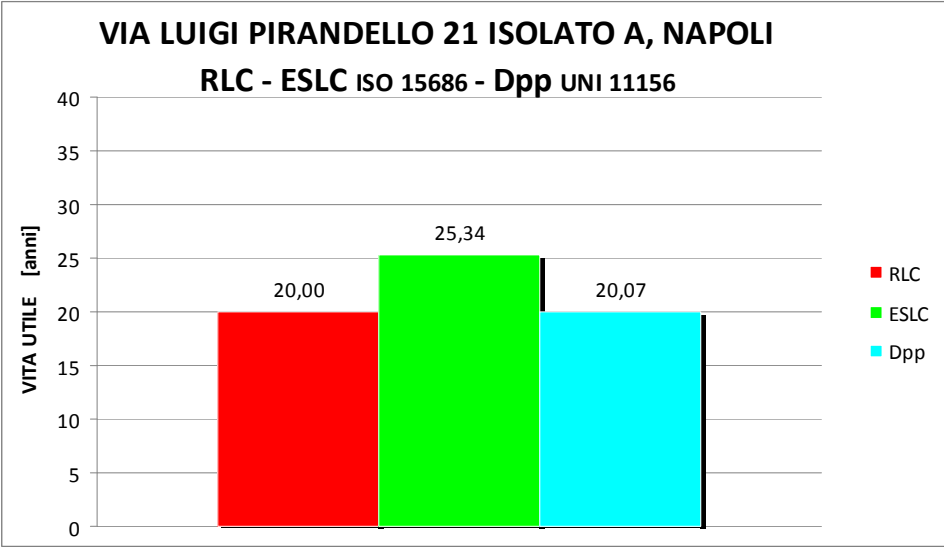
**6.22.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
20,00 [anni]	25,34 [anni]	20,07 [anni]	+ 26,70 [%]	+ 0,35 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



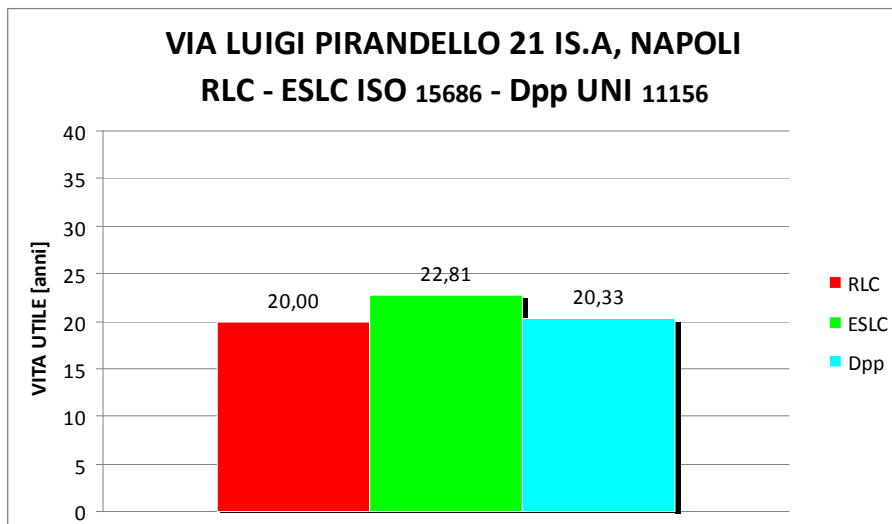
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 26,70 % ovvero di 5,34 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dello 0,35 % ovvero di 0,07 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
20,00 [anni]	25,34 [anni]	20,33 [anni]	+ 26,70 [%]	+ 1,65 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 26,70% ovvero di 2,81 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore dell' 1,65 % ovvero di 0,33 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.23 Edificio 23 – Via Luigi Pirandello 21 (IS. B)

### 6.23.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 23a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via LUIGI PIRANDELLO 21 (IS. B) (NA)

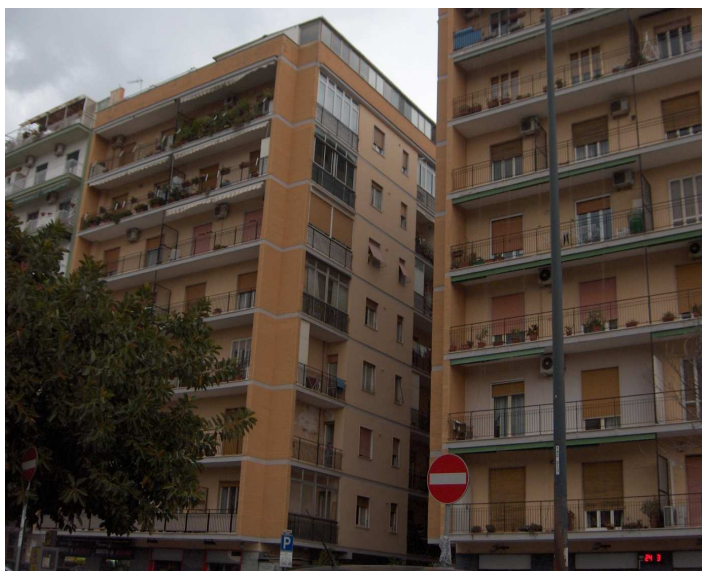


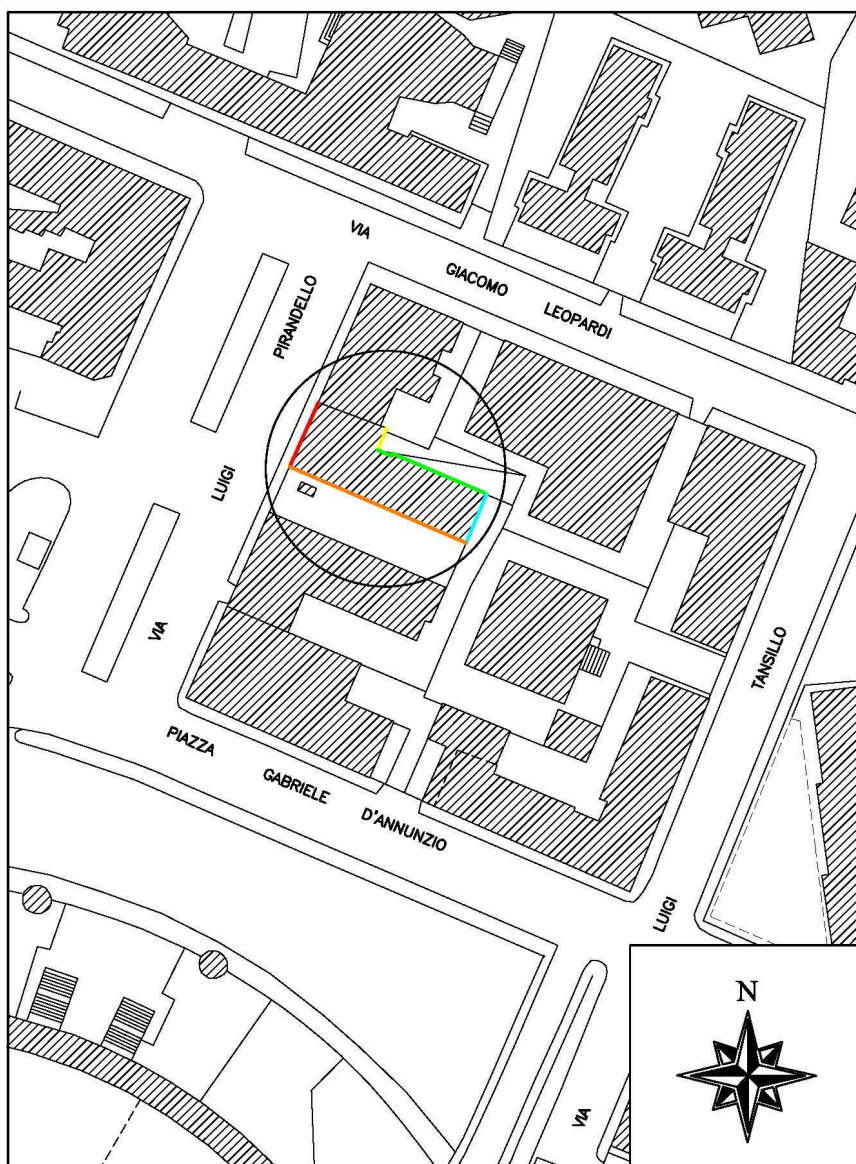
Foto n. 67 - Facciata su Via Pirandello

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**



Foto n. 68 – Inquadramento territoriale

# PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord-Ovest	<span style="color: red;">—</span>	Prospetto Sud-Est	<span style="color: cyan;">—</span>
Prospetto Sud-Est	<span style="color: yellow;">—</span>	Prospetto Sud-Ovest	<span style="color: orange;">—</span>
Prospetto Nord-Est	<span style="color: green;">—</span>		



**DATI STORICI:** L'anno di costruzione è 1950.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti a solaio piano sono latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio e mattoncini tranne nella zona del basamento dove abbiamo una zoccolatura in pietra.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** appartiene ad un complesso costituito da due corpi di fabbrica e sono presenti spazi aperti comuni. , ha un'area di sedime di circa 640 mq ed un'altezza massima di circa 31 m. I piani fuori terra sono 8, per un volume lordo complessivo di circa 19840 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona centrale della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

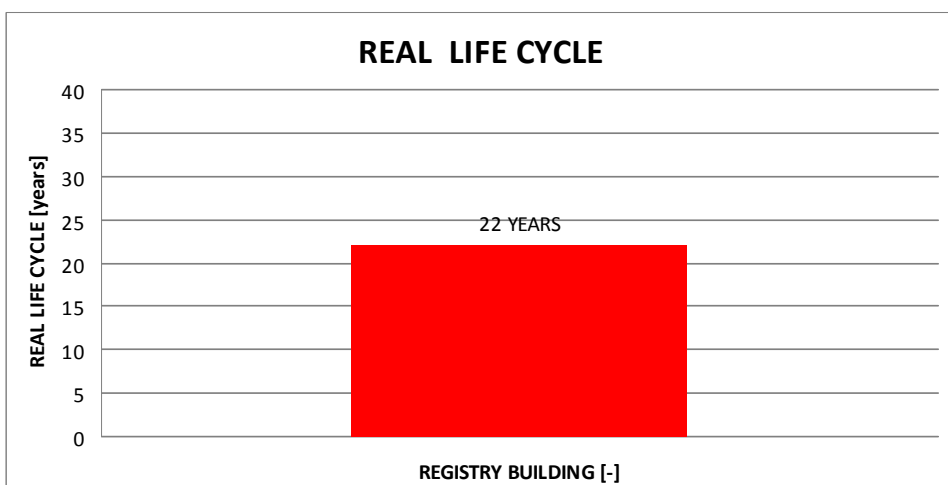
**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>5</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			23b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1987	2° rilievo 2009	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
Intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e mattoncini	stato 1	stato 4	

<sup>5</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".

### 6.23.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1987 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 2009, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 22 anni.



La RLC = 22 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

### 6.23.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

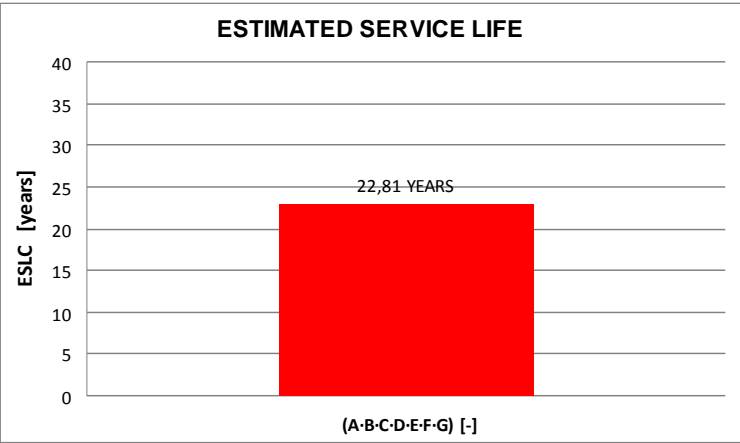
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,10
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	0,90
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,57
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>22,81</b>

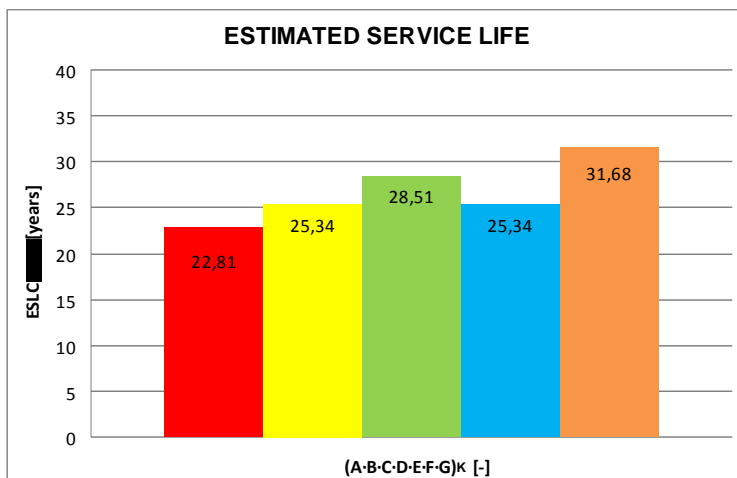
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT							
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-O	FRONT S-E	FRONT N-E	FRONT S-E	FRONT S-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,80	0,90	0,80	1,00
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A·B·C·D·E·F·G) <sub>K</sub>			0,57	0,63	0,71	0,63	0,79
RSLC [YEARS]			40,00				
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			22,81	25,34	28,51	25,34	31,68

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.23.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli

inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali ( $F_i$ ). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi ( $F_i$ ) da impiegare nella formula.

Il valore  $F_i$  del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori  $F_{min}$  e  $F_{max}$  così determinati:

$$F_{min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{min}) \right]$$

$$F_{max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

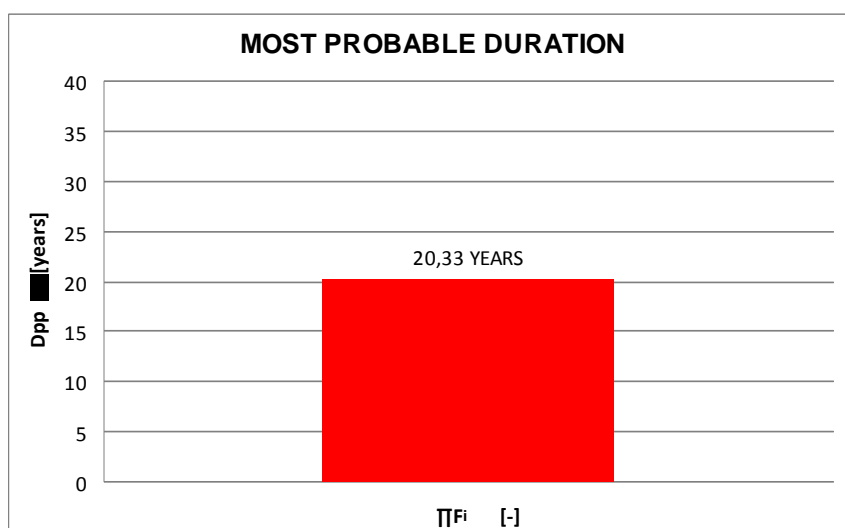
$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della  $D_{mn}$  sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>pp</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT N-O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>35,12</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	Front free	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,05</b>	<b>15</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00
	Color	Clear	5,00
<b>TOTAL</b>		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,99</b>	<b>33,00</b>
<b>∑F<sub>i</sub></b>		<b>1,02</b>	
<b>D<sub>mn</sub> [years]</b>		<b>20,00</b>	
<b>D<sub>pp</sub> [years]</b>		<b>20,33</b>	

La rappresentazione grafica risulta:

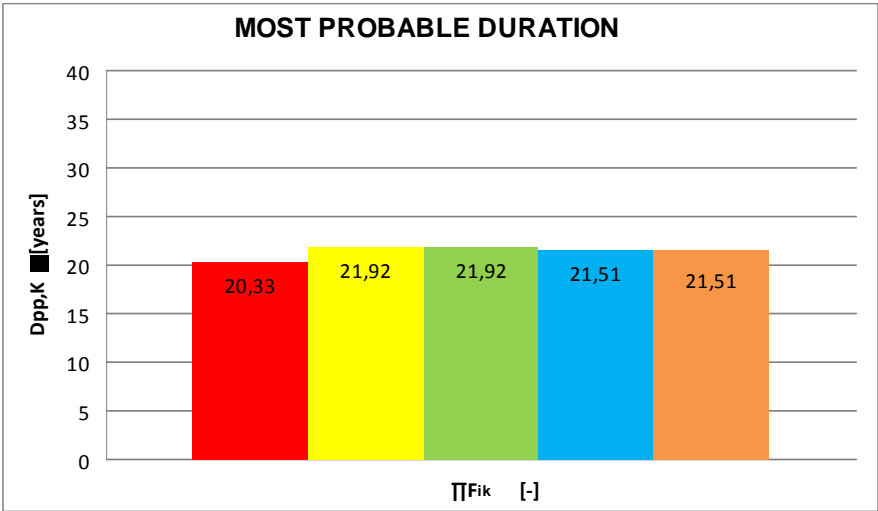




Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

D <sub>PP,K</sub> = MOST PROBABLE DURATION											
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-O		FRONT S-E		FRONT N-E		FRONT S-E		FRONT S-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,12	I=1,75	10,68	I=1,75	10,68	I=1,75	7,12	I=1,75	7,12
	Snow	Zone III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00	Zona III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%<U.R≤85%	5,00	35%<U.R≤85%	5,00	35%<U.R≤85%	5,00	35%<U.R≤85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,98	35,12	1,01	38,68	1,01	38,68	0,98	35,12	0,98	35,12
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-O	3,00	S-E	3,00	N-E	3,00	S-E	3,00	S-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overlloking others buildings	Front free	0,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,05	15	1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTALE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2	10,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2;6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/!>0,4	7,00	D/!>0,4	7,00	D/!>0,4	7,00	D/!>0,4	7,00	D/!>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00	Masonry not isolated	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00	Pillars and slubs flush with the masonry.String course, window frames. Downpipe insert in the masonry	4,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTALE		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,99	33,00	0,98	29,00	0,98	29,00	0,99	33,00	0,99	33,00
ΠF <sub>ik</sub>		1,02		1,10		1,10		1,08		1,08	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00									
D <sub>PP,K</sub> [years]		20.33		21.92		21.92		21.51		21.51	

Evidenziando i risultati graficamente:



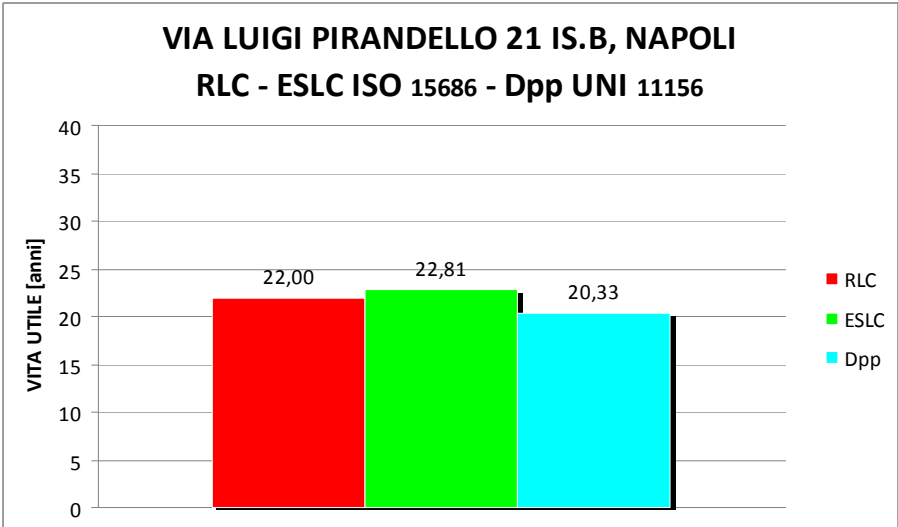
**6.23.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
22,00 [anni]	22,81 [anni]	20,33 [anni]	+ 3,68 [%]	- 7,59 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



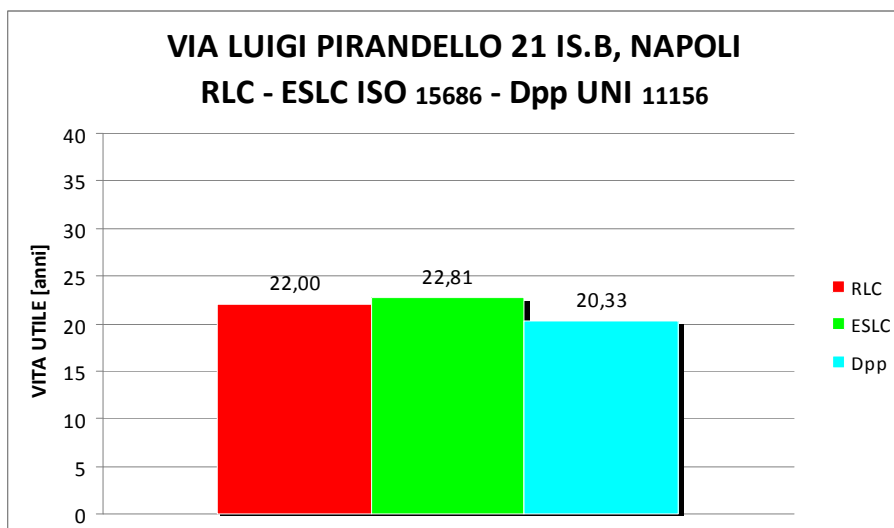
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell'edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 3,68 % ovvero di 0,81 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 7,59 % ovvero di 1,67 anni in meno rispetto alla RLC dell'edificio.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
22,00 [anni]	22,81 [anni]	20,33 [anni]	+ 3,68 [%]	- 7,59 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 3,68% ovvero di 0,81 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta inferiore del 7,59 % ovvero di 1,67 anni in meno rispetto alla RLC dell'edificio.

## 6.24 Edificio 1 - Via Nino Bixio 48.

### 6.24.1 Scheda di rilievo.

N° SCHEDA: 24a

**UBICAZIONE EDIFICIO:** via NINO BIXIO 48 (NA)



Foto n. 70 - Facciata su Via Nino Bixio

**UBICAZIONE NEL COMPRESORIO:**

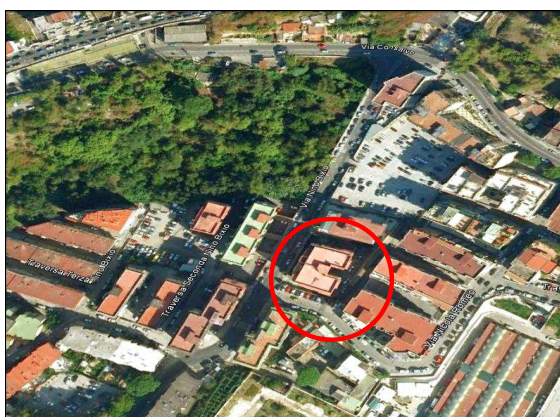
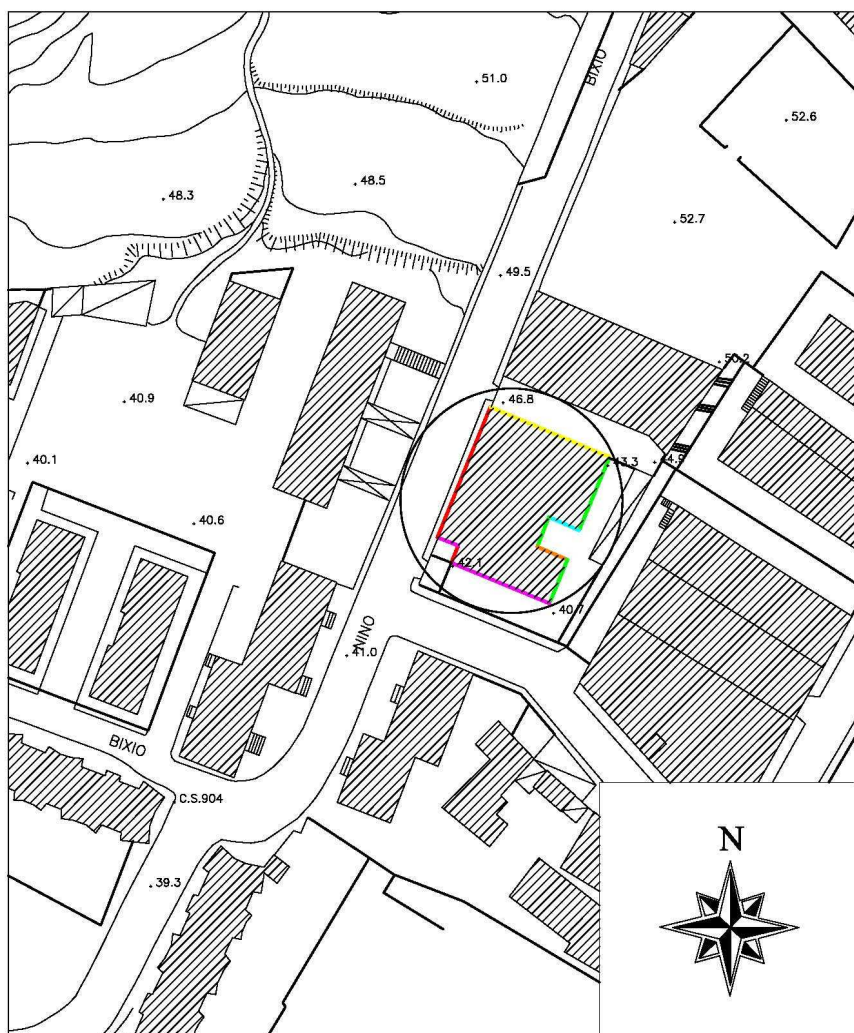


Foto n. 71 – Inquadramento territoriale

## PLANIMETRIA GENERALE Scala 1:1000



Prospetto Nord-Ovest	<span style="color: red;">—</span>	Prospetto Sud-Ovest	<span style="color: cyan;">—</span>
Prospetto Nord-Est	<span style="color: yellow;">—</span>	Prospetto Nord-Ovest	<span style="color: orange;">—</span>
Prospetto Sud-Est	<span style="color: green;">—</span>	Prospetto Sud-Ovest	<span style="color: purple;">—</span>

Foto n. 72 – Planimetria generale

**DATI STORICI:** L'anno di costruzione è 1950.

**CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE:** Le strutture portanti verticali sono in cemento armato, gli orizzontamenti sono a solaio piano latero cementizi.

Le finiture esterne sono realizzate con intonaco di malta comune del tipo liscio di colore bianco, cornici marcapiano di colore grigio e mattoncini di colore rosso.

**NOTE SULLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO:** è costituito da un unico corpo di fabbrica, servito da un vano scala e sono presenti spazi aperti comuni, ha un'area di sedime di circa 540 mq ed un'altezza massima di circa 28 m. I piani fuori terra sono 7, per un volume lordo complessivo di circa 15120 mc.

**NOTE SULLE CONDIZIONI AMBIENTALI E MICROCLIMATICHE:** L'edificio si trova nella zona litoranea della città di Napoli, in un contesto urbano e quindi non riceve particolari influenze dalle variazioni climatiche dovute a precipitazioni o esposizione ai venti.

**SCHEDA DI RILIEVO DELLO STATO DELL'ELEMENTO TECNOLOGICO:**

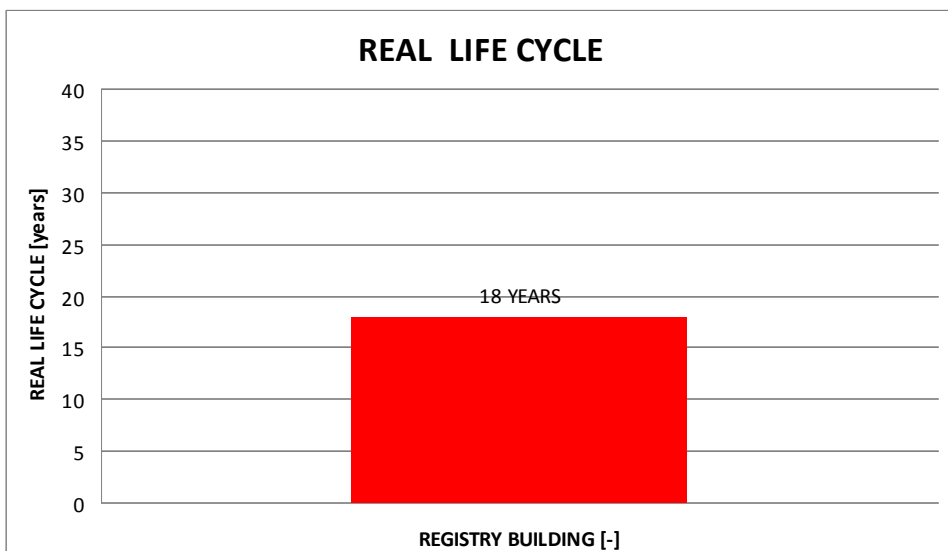
CLASSE DI ELEMENTI TECNICI <sup>6</sup> : CHIUSURE			N° Scheda:	
ELEMENTO TECNICO: RIVESTIMENTI IN FACCIATA			24b	
CLASSE TECNOLOGICA	TECNOLOGIA	CONDIZIONI DI CONSERVAZIONE (STATO)		
		1° rilievo 1981	2° rilievo 1999	
pietra naturale/ marmo		-	-	
materiali incollati		-	-	
Intonaco attintato/ rivestito	malta comune tipo liscio e mattoncini	stato 1	stato 4	

<sup>6</sup> Scomposizione codificata offerta dalla norma UNI 8290 parte 1: "Schema di classificazione del sistema tecnologico".



#### 6.24.2 La vita utile reale dell'intonaco.

Dallo studio del Libretto di Manutenzione del seguente edificio è emerso, come evidenziato nella scheda di rilievo, che dal primo rilievo condotto nel 1981 il componente edilizio intonaco si trovava nello stato 1 (in quell'anno si sono tenuti interventi di recupero), le anomalie rilevate sullo stesso nel 1999, hanno evidenziato uno stato 4, quindi la Vita Utile Reale ovvero Real Life Cycle è di 18 anni.



La RLC = 18 anni è il valore minimo fra tutti i prospetti.

La vita utile dell'intonaco sarà innanzitutto calcolata per il prospetto della facciata principale e poi per ogni prospetto del fabbricato e successivamente confrontata con la RLC, di conseguenza si avrà un primo confronto dei valori ottenuti da un solo prospetto e poi un secondo raffronto tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco conseguito fra tutti i prospetti dell'edificio.

Tale valore minimo viene scelto in conseguenza del fatto che si conduce una *valutazione pessimistica* basata sul tempo della prima disfunzione.

#### 6.24.3 Applicazione del metodo Fattoriale della ISO 15686.

Il primo procedimento che si intende utilizzare è già stato ampiamente esplicitato nel paragrafo 5.2, si ritiene opportuno a questo punto indicare i risultati conseguiti con l'applicazione della metodologia.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

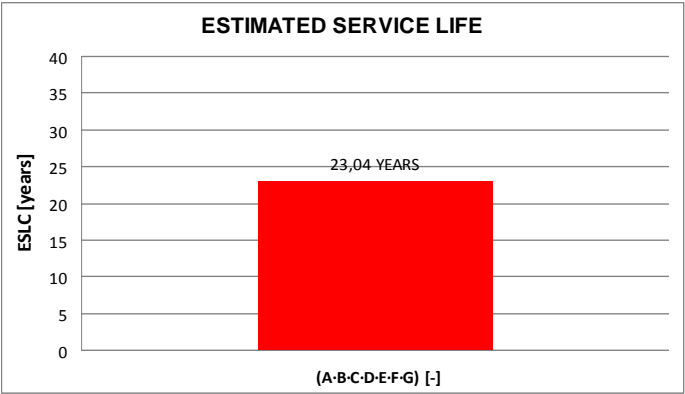
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 40 anni infatti, avendo supposto la vita di progetto dell'edificio pari a 100 anni e l'elemento come facilmente sostituibile risulta semplice ricavare il corrispondente valore utilizzando la tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000. Dunque considerando un valore di RSLC pari a 40 anni si procede al calcolo dell'ESLC per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi.

La sperimentazione condotta sulla facciata principale dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

<b>ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT</b>			
<b>AGENTS</b>	<b>MULTIPLICATIVE FACTORS</b>		<b>FRONT N-O</b>
<b>QUALITY OF COMPONENT</b>	<b>A</b>	<b>Quality of components</b>	1,00
	<b>B</b>	<b>Design level</b>	1,00
	<b>C</b>	<b>Work execution level</b>	1,00
<b>ENVIRONMENT</b>	<b>D</b>	<b>Indoor environment</b>	1,00
	<b>E</b>	<b>Outdoor environment</b>	0,80
<b>UTILIZATION</b>	<b>F</b>	<b>In-use conditions</b>	0,90
	<b>G</b>	<b>Maintenance of level</b>	0,80
<b>(A·B·C·D·E·F·G)</b>			0,58
<b>RSLC [YEARS]</b>			40,00
<b>ESLC [YEARS]</b>			<b>23,04</b>

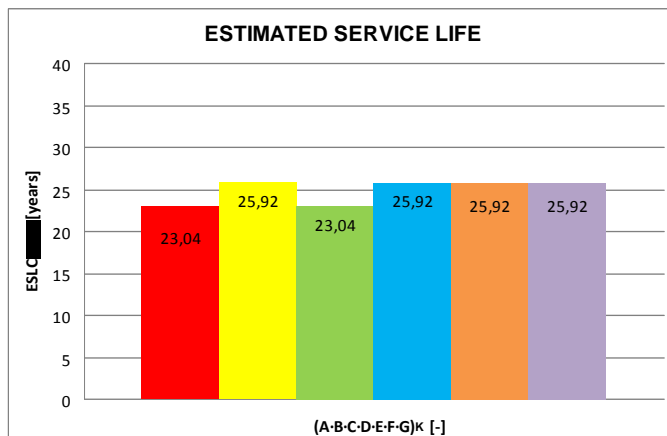
Riportando quanto elaborato in forma grafica:



Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si sono ottenuti i seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT								
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT N-O	FRONT N-E	FRONT S-E	FRONT S-O	FRONT N-E	FRONT S-O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,80	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	G	Maintenance of level	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
(A•B•C•D•E•F•G) <sub>K</sub>			0,58	0,65	0,58	0,65	0,65	0,65
RSLC [YEARS]			40,00					
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			23,04	25,92	23,04	25,92	25,92	25,92

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 6.24.4 Applicazione del metodo che valuta la durata sulla base di dati rilevati da edifici campione, UNI 11156.

Il metodo indiretto della UNI 11156 – parte III, suggerisce la seguente relazione per la stima della durata più probabile:

$$D_{pp} = D_{mn} * \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:

- $D_{pp}$  = è il valore della durata più probabile, corrispondente alla durata del componente considerato, nelle condizioni ipotizzate;
- $D_{mn}$  = è il valore medio-normale della durata, ovvero quella del componente considerato nelle condizioni assunte come medio-normali ovvero di riferimento;
- $F_i$  = sono i coefficienti correttivi da associare a ciascun gruppo di fattori omogenei individuati, in una fase preliminare, in quanto ritenuti influenti sulla vita utile dell'elemento considerato.

La durata medio-normale è determinata come media statistica dei valori rilevati da una serie di edifici studio che hanno caratteristiche analoghe sia dal punto di vista dei componenti e dei materiali sia dell'ambiente in cui si trovano. Così come evidenziato nel capitolo precedente in seguito ad uno studio condotto su 100 edifici campione di cui 52 con struttura in cemento armato costruiti fra gli anni 50-60' e 48 con struttura in muratura di tufo costruiti fra la fine dell'800 e gli inizi del 900' si è visto per ogni edificio lo stato 4 dopo quanto tempo si manifestava. La maggior

parte degli edifici mostrava lo stato 4 in corrispondenza dei 20 anni, questo significa assumere la  $D_{mn} = 20$  anni.

La definizione dei coefficienti correttivi passa attraverso l'attribuzione di punteggi (P) alle condizioni di variazione. I punteggi sono inversamente proporzionali alla rispettiva capacità di indurre situazioni di degrado (in relazione, per esempio, al fattore "esposizione", se si stabilisce che la condizione est influisce meno sul degrado dell'elemento considerato di quanto non faccia quella nord allora le si attribuirà un punteggio maggiore). Essi sono direttamente collegati alla determinazione del valore dei coefficienti correttivi finali (Fi). L'attribuzione dei punteggi può essere basata sull'esperienza, su dati raccolti da edifici campione, su informazioni fornite dai produttori, fornitori o addetti ai lavori, su base sperimentale con l'ausilio di prove di laboratorio, ovvero desunti dalla letteratura scientifica. Attraverso l'elaborazione dei punteggi che corrispondono alle condizioni in oggetto si passa ai coefficienti correttivi (Fi) da impiegare nella formula.

Il valore Fi del coefficiente correttivo corrisponde al gruppo i-esimo dei fattori d'influenza e sarà compreso tra i valori Fmin e Fmax così determinati:

$$F_{\min} = 1 - \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{mn} - P_{\min}) \right]$$

$$F_{\max} = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_{\max} - P_{mn}) \right]$$

Genericamente :

$$F_i = 1 + \left[ \left( \frac{\Delta F_i}{\Delta P} \right) \cdot (P_i - P_{mn}) \right]$$

Dove:

- $\Delta F_i$ : lo scarto che può assumere l'i-esimo coefficiente correttivo (corrispondente all'i-esimo gruppo di fattori d'influenza)
- $P_{\max}$ : valore massimo complessivo;
- $P_{\min}$ : valore minimo complessivo;
- $P_{mn}$ : valore della condizione medio-normale;

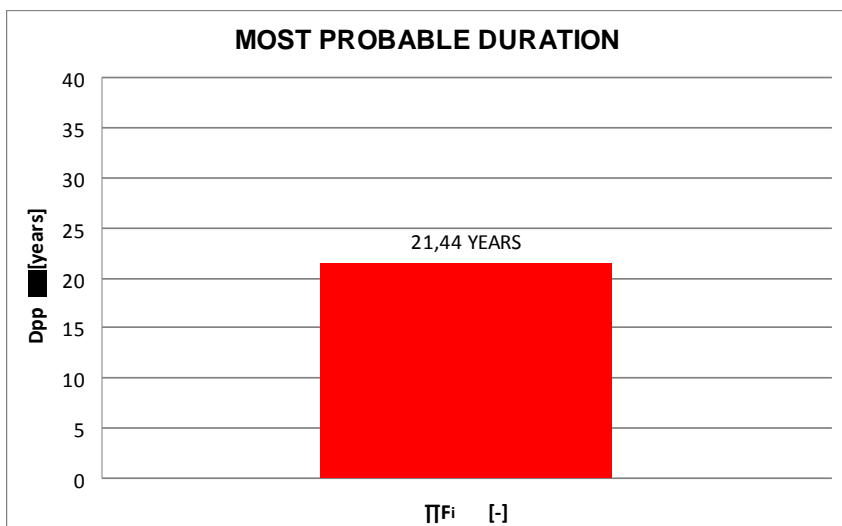
Elaborando quanto finora esposto si ottengono i seguenti valori da utilizzare nel seguito dell'applicazione del metodo e raccolti nella seguente tabella:

$\Delta F$	$F_{\min}$	$F_{\max}$	$\Delta P$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{mn}$
0,40	0,667	1,067	45,00	0,00	45,00	37,50
0,40	0,867	1,267	33,00	0,00	33,00	11,00
0,10	0,900	1,000	30,00	0,00	30,00	30,00
0,20	0,886	1,086	63,00	0,00	63,00	36,00

Applicando queste informazioni al calcolo della Dmn sulla facciata principale dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:

<b>D<sub>PP</sub> = MOST PROBABLE DURATION</b>			
<b>FACTORS OF INFLUENCE F<sub>i</sub></b>		<b>FRONT N-O</b>	
		DESCRIPTION	SCORE
<b>F<sub>1</sub>: CLIMATIC FACTORS</b>	Temperature	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,50
	Snow	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00
TOTAL		<b>F<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>35,5</b>
<b>F<sub>2</sub>: ENVIRONMENTAL FACTORS</b>	Exposure	N-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00
	Pollution	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00
	Overlooking others buildings	d<H	5,00
TOTAL		<b>F<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
		<b>1,11</b>	<b>20</b>
<b>F<sub>3</sub>: CONFIGURATION FACTORS</b>	Surface appearance	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00
TOTAL		<b>F<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>
		<b>1,00</b>	<b>30</b>
<b>F<sub>4</sub>: TECHNOLOGICAL FACTORS</b>	Shape and n° of corners	Flat 2;6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/l>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slabs flush with the masonry. Thickness variations in the masonry.String courses, windows frames.	6,00
	Color	Clear	5,00
TOTAL		<b>F<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>
		<b>0,98</b>	<b>31,00</b>
∑F <sub>i</sub>		1,07	
D <sub>mn</sub> [years]		20,00	
<b>D<sub>PP</sub> [years]</b>		<b>21,44</b>	

La rappresentazione grafica risulta:

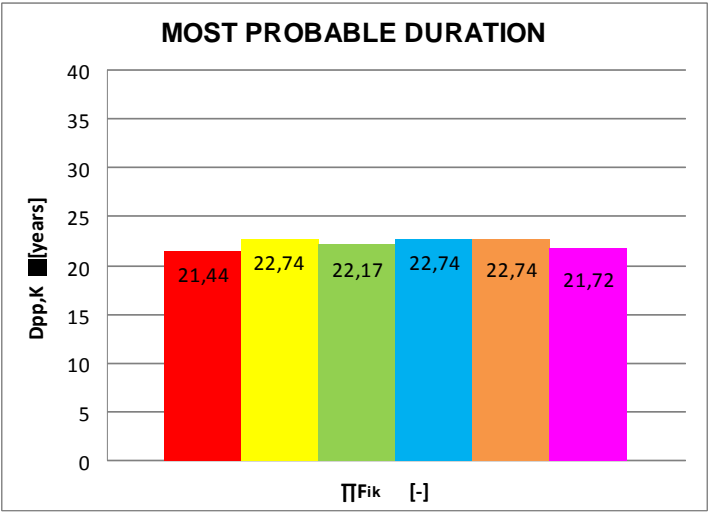


Estendendo l'applicazione della procedura a tutte le facciate dell'edificio si ottengono i seguenti risultati:



D <sub>pp,k</sub> = MOST PROBABLE DURATION													
FACTORS OF INFLUENCE F <sub>i</sub>		FRONT N-O		FRONT N-E		FRONT S-E		FRONT S-O		FRONT N-E		FRONT S-O	
		DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE	DESCRIPTION	SCORE
F <sub>1</sub> : CLIMATIC FACTORS	Temperature	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00	Zone C	9,00
	ΔT daily	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00	≤ 13°C	10,00
	Rain/wind	I=1,75	7,50	I=1,75	11,25	I=1,75	11,25	I=1,75	11,25	I=1,75	11,25	I=1,75	7,50
	Snow	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00	Zone III	4,00
	Humidity	35%≤U.R.≤85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00	35%<URS85%	5,00
TOTAL		F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>
		0,98	35,5	1,02	39,25	1,02	39,25	1,02	39,25	1,02	39,25	0,98	35,5
F <sub>2</sub> : ENVIRONMENTAL FACTORS	Exposure	N-O	3,00	N-E	3,00	S-E	3,00	S-O	3,00	N-E	3,00	S-O	3,00
	Overlooking the sea	d>500	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00	d>500m	8,00
	Pollution	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00	Medium	4,00
	Vibration	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00	Present	0,00
	Overflooking others buildings	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00	d<H	5,00
TOTAL		F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
		1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20	1,11	20
F <sub>3</sub> : CONFIGURATION FACTORS	Surface appearance	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00	Smooth	10,00
	Location	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00	Vertical	10,00
	Extension	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00	<400mq	10,00
TOTAŁE		F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
		1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30	1,00	30
F <sub>4</sub> : TECHNOLOGICAL FACTORS	Shape and n° of corners	Flat 2,6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2,6	6,00	Flat 2	10,00	Flat 2	10,00	Flat 2,6	6,00
	Cornice	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00	L/H<0,2	5,00
	Balcony	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00	D/I>0,4	7,00
	Base of the building	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00	Masonry not isolated from the ground	2,00
	Critical point	Pillars and slubs flush with the masonry. Thickness variations in the masonry,String courses, windows frames.	6,00	Pillars and slubs flush with the masonry,String courses, windows frames.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry. Thickness variations in the masonry,String courses, windows frames.	6,00	Pillars and slubs flush with the masonry,String courses, windows frames.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry,String courses, windows frames.	10,00	Pillars and slubs flush with the masonry,String courses, windows frames.	10,00
	Color	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00	Clear	5,00
TOTAŁE		F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>
		0,98	31,00	1,01	39,00	0,98	31,00	1,01	39,00	1,01	39,00	1,00	35,00
∑F <sub>i,k</sub>		1,07		1,14		1,11		1,14		1,14		1,09	
D <sub>nn</sub> [years]		20,00											
D <sub>pp,k</sub> [years]		21,44		22,74		22,17		22,74		22,74		21,72	

Evidenziando i risultati graficamente:



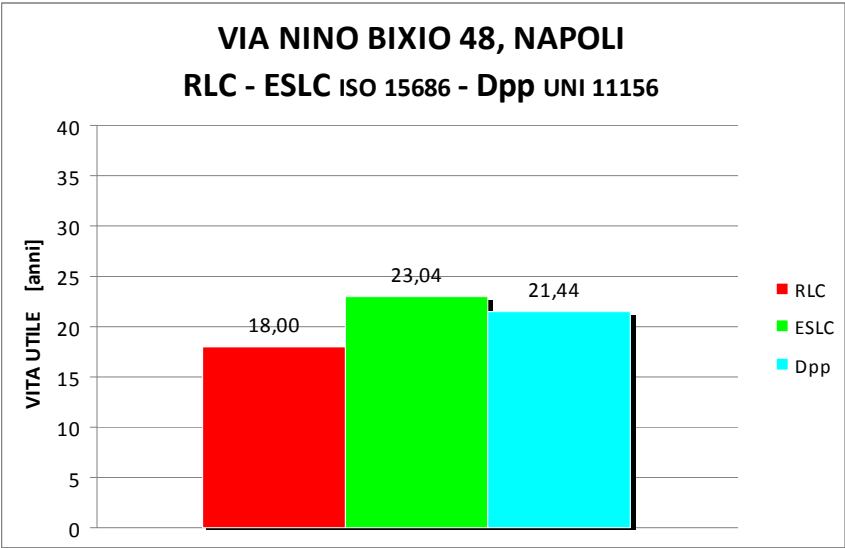
**6.24.5 Confronto dei risultati ottenuti con la sperimentazione.**

I risultati raggiunti dall’applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall’osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Sulla facciata principale i risultati sono:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [anni]	23,04 [anni]	21,44 [anni]	+	28,00 [%]	+ 19,11 [%]

Visualizzando i risultati graficamente:



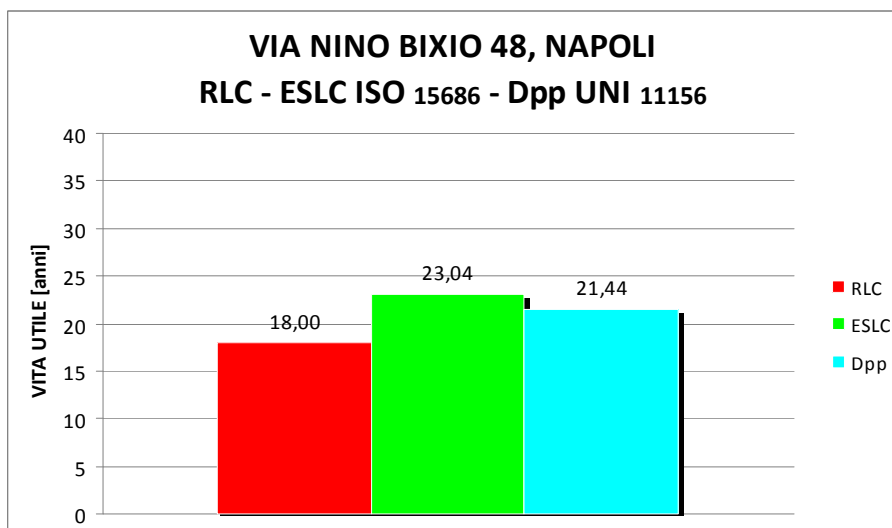
I due metodi utilizzati formalmente simili in quanto caratterizzati entrambi da una produttoria di una durata con una serie di fattori, confrontati con il valore reale dell’edificio oggetto di studio forniscono risultati molto interessanti in quanto sensibilmente differenti;

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 28,00% ovvero di 5,04 anni in più della RLC dell’edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell’intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell’elemento tecnico intonaco risulta superiore del 19,11 % ovvero di 3,44 anni in più rispetto alla RLC dell’edificio.

Considerando tutte le facciate dell’edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell’intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione.

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI					
RLC	ESLC ISO 15686	D <sub>pp</sub> UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC		VARIAZIONE % D <sub>pp</sub> -RLC
18,00 [anni]	23,04 [anni]	21,44 [anni]	+	28,00 [%]	+ 19,11 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:



In seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere superiore del 28,00 % ovvero di 5,04 anni in più della RLC dell'edificio,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco fornisce risultati prossimi a quelli della vita reale, la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta superiore del 19,11 % ovvero di 0,63 anni in più rispetto alla RLC dell'edificio.

## **CAPITOLO 7**

### **CONCLUSIONI**

#### **7.1 OBIETTIVI DELL'ATTIVITA' DI RICERCA SVOLTA.**

L'attività di ricerca svolta durante questi anni è stata dunque orientata principalmente verso lo studio ed un'analisi dei metodi rivolti alla valutazione della vita utile degli edifici e delle parti che lo compongono. In particolare è stato approfondito lo studio dei metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco esterno, così da poter condurre un confronto sperimentale, tra i risultati conseguiti con l'applicazione delle metodologie proposte dalle norme ed il comportamento effettivo in servizio.

L'intento è stato quello di potersi rendere conto se ci sono differenze tra i risultati che si conseguono con l'utilizzo delle metodologie proposte dalle norme, rispetto a quanto avviene nella realtà.

La speranza è che il lavoro svolto possa offrire ai progettisti che si trovano di fronte alla necessità di dover progettare e dunque prevedere la durabilità dell'intonaco esterno degli edifici, un utile strumento che possa indirizzarli verso l'utilizzo del metodo che consente di ottenere risultati più realistici, ed inoltre che possa fornirgli degli elementi su cui impostare una corretta selezione dei sistemi costruttivi in relazione alla loro capacità di mantenere nel tempo livelli prestazionali superiori ai determinati standard (ciò costituisce a sua volta un utile strumento per definire i programmi temporali di manutenzione).

Inoltre l'applicazione dei metodi per la valutazione della durabilità ed il confronto dei risultati con quelli desunti realmente sul campo ha consentito la raccolta di dati del patrimonio edilizio di Napoli che potrebbero in futuro essere utili ad implementare concretamente i data base della durabilità di componenti edilizi.

La sperimentazione è stata basata sullo studio di edifici situati nel Comune di Napoli, appartenenti a due tipologie costruttive diverse ma entrambi con intonaco di malta:

1. edifici con struttura in muratura di tufo, costruiti tra la fine dell'800 e i primi decenni del 900,
2. edifici con struttura in conglomerato cementizio armato costruiti nel secondo dopoguerra fra gli anni 50 e gli anni 60.

Per ogni caso proposto è stata desunta dalla Sezione Anagrafe del Libretto di Manutenzione del fabbricato, la vita utile reale o Real Life Cycle (RLC) ovvero la distanza temporale tra l'ultimo intervento di rifacimento dell'intonaco esterno, fino al momento in cui si è manifestato il livello

prestazionale stato 4, al quale corrispondono fessurazioni e/o distacchi in atto che interessano zone limitate comprese tra il 10% - 30%. La RLC è stata quindi comparata sia con l' Estimated Service Life of a Component (ESLC) ottenuta utilizzando il Metodo Fattoriale proposto dalla norma ISO 15686 che con la Durata più probabile (Dpp), ottenuta utilizzando il Metodo Indiretto per il calcolo della durata sulla base di dati rilevati da edifici campione proposto dalla norma UNI 11156.

I valori così ottenuti sono stati diagrammati prendendo in considerazione il minimo dei valori tra quelli ottenuti dall'applicazione del metodo proposto dalla ISO 15686 e il minimo ottenuto dall'applicazione del metodo indicato dalla UNI 11156, in quanto la RLC è stata calcolata conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione ed è dunque rappresentata dal valore minimo di durata dell'intonaco di ogni edificio considerato.

I risultati conseguiti sono stati raggruppati in due tabelle (Tab. 7-1 e Tab. 7-3) in modo tale da avere un quadro chiaro dei risultati ottenuti e da trarre delle considerazioni immediate.

## 7.2 RISULTATI CONSEGUITI DALL'UTILIZZO DELLA SPERIMENTAZIONE SULLA FACCIATA PRINCIPALE DELL'EDIFICIO.

Nella Tabella 7-1 qui di seguito illustrata, vengono raccolti i risultati conseguiti osservando il comportamento sulla facciata principale dell'edificio.

EDIFICI	RLC [anni]	ISO 15686 ESLC [anni]	UNI 11156 D <sub>pp</sub> [anni]	ISO 15686 ESLC	UNI 11156 D <sub>pp</sub>
VIA GIORDANO BRUNO 135	22	25	20	+ 13,64 [%]	- 9,09 [%]
VIA CUMANA 29	17	26	23	+ 52,94 [%]	+ 35,29 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.3)	19	23	20	+ 21,05 [%]	+ 5,26 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.4)	18	21	21	+ 16,67 [%]	+ 16,67 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.5)	18	21	20	+ 16,67 [%]	+ 11,11 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.2)	19	21	21	+ 10,53 [%]	+ 10,53 [%]
CORSO VITTORIO EMANUELE 244	21	25	21	+ 19,05 [%]	0,00 [%]
VIA PIEDIGROTTA 34	17	25	21	+ 47,06 [%]	+ 23,53 [%]
VIA PIEDIGROTTA 54	19	26	21	+ 36,84 [%]	+ 10,53 [%]
VIA GROTTA VECCHIA 54	19	23	20	+ 21,05 [%]	+ 5,26 [%]
VIA LUIGI PIRANDELLO 21 (IS.A)	20	25	20	+ 25,00 [%]	0,00 [%]
VIA LUIGI PIRANDELLO 21 (IS.B)	22	23	20	+ 4,55 [%]	- 9,09 [%]
VIA NINO BIXIO 48	18	23	21	+ 27,78 [%]	+ 16,67 [%]
VIA DEL PARCO MARGHERITA 24	19	29	21	+ 52,63 [%]	+ 10,53 [%]
CORSO VITTORIO EMANUELE 122	18	36	21	+ 100,0 [%]	+ 16,67 [%]
VIA DOMENICO CIMAROSA 84	20	32	22	+ 60,00 [%]	+ 10,00 [%]
VIA ENRICO ALVINO 60	19	26	23	+ 36,84 [%]	+ 21,05 [%]
VICO MONTERODUNI 8	18	29	21	+ 61,11 [%]	+ 16,67 [%]
VIA CHIAIA 192	20	18	20	- 10,00 [%]	0,00 [%]
VIA LUIGIA SAN FELICE 21	18	26	21	+ 44,44 [%]	+ 16,67 [%]
VIA ENRICO ALVINO 2	18	26	22	+ 44,44 [%]	+ 22,22 [%]
VIA GIUSEPPE MARTUCCI 10	21	29	21	+ 38,10 [%]	0,00 [%]
CORSO CHIAIANO 44	20	19	19	- 5,00 [%]	- 5,00 [%]
VIA POSILLIPO 1-2	20	26	18	+ 30,00 [%]	- 10,00 [%]

**Tabella 7-1**

Nella precedente tabella, per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con i valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali. Da notare

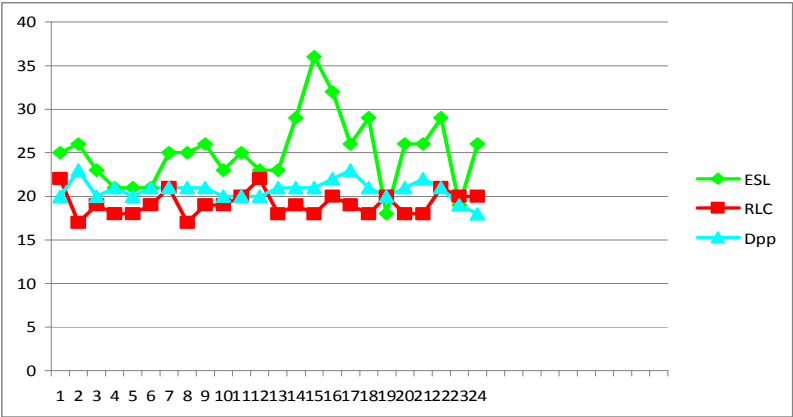
che i valori di durata espressi in anni sono stati arrotondati (rispetto a quelli conseguiti nella sperimentazione) alla cifra intera al fine di consentire una migliore visualizzazione.

Successivamente per poter confrontare i metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco così come indicati dalle norme, si mette a confronto la vita utile reale come media di tutti i casi studio, con ESLC e D<sub>pp</sub> ottenute come media dei valori in percentuale.

EDIFICI	RLC <sub>m</sub> [anni]	ISO 15686 ESLC <sub>m</sub> [anni]	UNI 11156 D <sub>ppm</sub> [anni]	ISO 15686 ESLC	UNI 11156 D <sub>pp</sub>
	19,17	25,13	20,75	+ 31,09 [%]	+ 8,26 [%]

**Tabella 7-2-Confronto tra i valori medi e scostamenti percentuali rispetto alla RLC<sub>m</sub>**

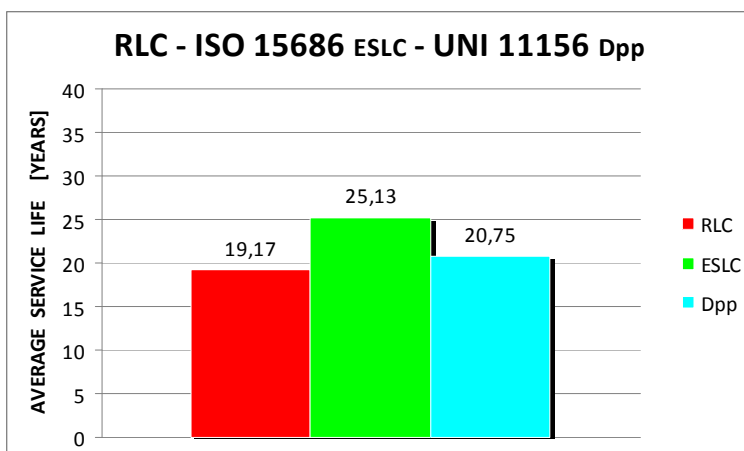
Dalla precedente tabella 7-2 osservando i valori medi notiamo che la ESLC (Estimated Service Life of a Component) si discosta dalla RLC del +31,09%, quindi la vita utile dell’intonaco ottenuta correggendo la vita utile di riferimento con dei fattori moltiplicativi (compresi tra 0,8 e 1,2) che tengono conto delle particolari condizioni in cui il componente è utilizzato, fornisce un valore che si discosta considerevolmente dal valore reale di durata. Osservando invece il valore medio di D<sub>pp</sub> (Most probable Duration) lo scostamento dalla RLC è solo del + 8,26%, quindi “il metodo basato su dati rilevati da edifici campione” che lega la durabilità dei componenti allo specifico contesto, soprattutto climatico, di utilizzo, fornisce sia risultati molto vicini al valore reale di durata Visualizzando graficamente i risultati ottenuti dalle precedenti tabelle è possibile immediatamente notare tali differenze tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme sopra esposte.





Dall'analisi del diagramma si può dedurre istantaneamente come la linea che rappresenta i risultati ottenuti dall'applicazione della norma UNI 11156 (Dpp), si schiacciano e si avvicinano maggiormente alla vita utile reale (osservando i valori medi, lo scostamento si aggira intorno al -8,26%), rispetto ai risultati ottenuti applicando la norma ISO 15686. Questi ultimi risultano, caratterizzati da un andamento meno omogeneo e complessivamente molto più distanti, discostandosi anche talvolta di circa 60% da essa e comunque considerando i valori medi, lo scostamento si aggira intorno al +31,09%.

Diagrammando i valori medi di RLCm, ESLCm e Dppm ottenuti considerando tutti i fabbricati oggetto di studio e rappresentandoli sotto forma di istogramma si conferma come i valori ottenuti utilizzando le relazioni fornite dalla UNI 11156 si avvicinano molto più alla RLC rispetto a quelli ottenuti utilizzando la ISO 15686. In particolare la vita utile media dell'elemento tecnico intonaco risulta essere nel primo caso quasi coincidente, nello specifico minore dello 8,26% ovvero di 1,58 anni. L'ESLC risulta essere superiore rispetto alla RLC del 31,09% ovvero di 5,83 anni.



Dunque sulla scorta dei risultati conseguiti sulla facciata principale dell'edificio, in merito alla durabilità del componente intonaco esterno, tra metodologie utilizzate, quella che consente di ottenere risultati più prossimi a quelli reali è il metodo basato su dati rilevati da edifici campione.

### 7.3 RISULTATI CONSEGUITI DALL'UTILIZZO DELLA SPERIMENTAZIONE CONSIDERANDO TUTTE LE FACCIATE DELL'EDIFICIO.

Nella Tabella 7-3 qui di seguito illustrata, vengono raccolti i risultati conseguiti osservando il comportamento su tutte le facciate dell'edificio.

<b>EDIFICI</b>	<b>RLC [anni]</b>	<b>ISO 15686 ESLC [anni]</b>	<b>UNI 11156 D<sub>pp</sub> [anni]</b>	<b>ISO 15686 ESLC</b>	<b>UNI 11156 D<sub>pp</sub></b>
VIA GIORDANO BRUNO 135	22	25	20	+ 13,64 [%]	- 9,09 [%]
VIA CUMANA 29	17	21	22	+ 23,53 [%]	+ 29,41 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.3)	19	18	19	- 5,26 [%]	0,00 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.4)	18	21	20	+ 16,67 [%]	+ 11,11 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.5)	18	21	19	+ 16,67 [%]	+ 5,56 [%]
VIA MERCANTINI 2-16 (IS.2)	19	21	20	+ 10,53 [%]	+ 5,26 [%]
CORSO VITTORIO EMANUELE 244	21	25	20	+ 19,05 [%]	- 4,76 [%]
VIA PIEDIGROTTA 34	17	25	20	+ 47,06 [%]	+ 17,65 [%]
VIA PIEDIGROTTA 54	19	23	20	+ 21,05 [%]	+ 5,26 [%]
VIA GROTTA VECCHIA 54	19	23	20	+ 21,05 [%]	+ 5,26 [%]
VIA LUIGI PIRANDELLO 21 (IS.A)	20	25	20	+ 25,00 [%]	0,00 [%]
VIA LUIGI PIRANDELLO 21 (IS.B)	22	23	20	+ 4,55 [%]	- 9,09 [%]
VIA NINO BIXIO 48	18	23	21	+ 27,78 [%]	+ 16,67 [%]
VIA DEL PARCO MARGHERITA 24	19	21	21	+ 10,53 [%]	+ 10,53 [%]
CORSO VITTORIO EMANUELE 122	18	25	20	+ 38,9 [%]	11,11 [%]
VIA DOMENICO CIMAROSA 84	20	23	22	+ 15,00 [%]	+ 10,00 [%]
VIA ENRICO ALVINO 60	19	26	22	+ 36,84 [%]	+ 15,79 [%]
VICO MONTERODUNI 8	18	26	21	+ 44,44 [%]	+ 16,67 [%]
VIA CHIAIA 192	20	16	20	- 20,00 [%]	0,00 [%]
VIA LUIGI SAN FELICE 21	18	23	19	+ 27,78 [%]	+ 5,56 [%]
VIA ENRICO ALVINO 2	18	26	21	+ 44,44 [%]	+ 16,67 [%]
VIA GIUSEPPE MARTUCCI 10	21	26	20	+ 23,81 [%]	- 4,76 [%]
CORSO CHIAIANO 44	20	17	19	- 15,00 [%]	- 5,00 [%]
VIA POSILLIPO 1-2	20	21	18	+ 5,00 [%]	- 10,00 [%]

**Tabella 7-3**

Nella precedente tabella, per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con i valori di ESLC e D<sub>pp</sub>, e si sono valutate le differenze percentuali. Da notare che i valori di durata espressi in anni sono stati arrotondati (rispetto a quelli conseguiti nella sperimentazione) alla cifra intera al fine di consentire una migliore visualizzazione.

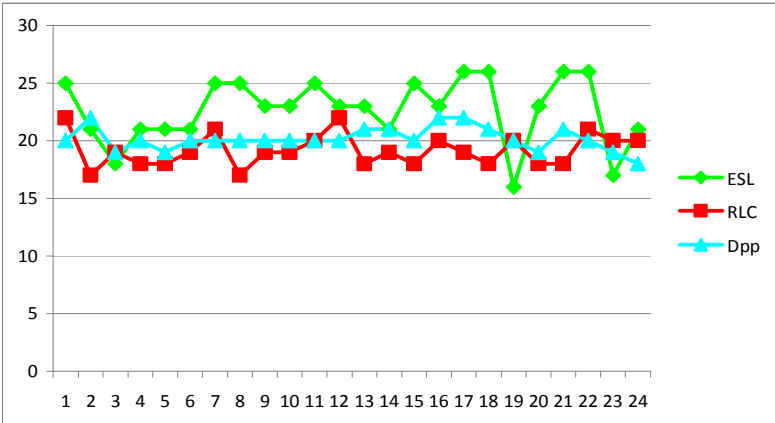
Successivamente per poter confrontare i metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco così come indicati dalle norme, si mette a confronto la vita utile reale come media di tutti i casi studio, con ESLC e D<sub>pp</sub> ottenute come media dei valori in percentuale.

EDIFICI	RLC <sub>m</sub> [anni]	ISO 15686 ESLC <sub>m</sub> [anni]	UNI 11156 D <sub>ppm</sub> [anni]	ISO 15686 ESLC		UNI 11156 D <sub>pp</sub>	
	19,17	22,67	20,17	+	18,26 [%]	+	5,22 [%]

**Tabella 7-4-Confronto tra i valori medi e scostamenti percentuali rispetto alla RLC<sub>m</sub>**

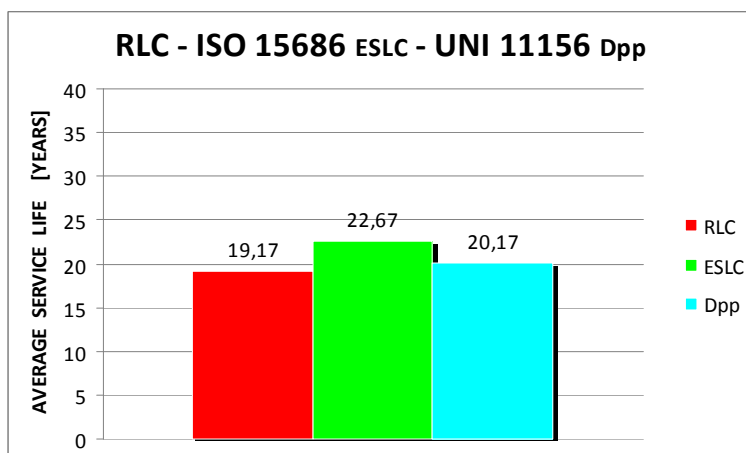
Dalla precedente tabella 7-4 osservando i valori medi notiamo che la ESLC (Estimated Service Life of a Component) si discosta dalla RLC del +18,26%, quindi la vita utile dell’intonaco ottenuta correggendo la vita utile di riferimento con dei fattori moltiplicativi (compresi tra 0,8 e 1,2) che tengono conto delle particolari condizioni in cui il componente è utilizzato, fornisce un valore che si discosta considerevolmente dal valore reale di durata. Osservando invece il valore medio di D<sub>pp</sub> (Most probable Duration) lo scostamento dalla RLC è del +5,22%, quindi “il metodo basato su dati rilevati da edifici campione” che lega la durabilità dei componenti allo specifico contesto, soprattutto climatico, di utilizzo, fornisce risultati molto vicini al valore reale di durata.

Visualizzando graficamente i risultati ottenuti dalle precedenti tabelle è possibile immediatamente notare tali differenze tra il comportamento reale dell’elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme sopra esposte.



Dall'analisi del diagramma si può dedurre istantaneamente come la linea che rappresenta i risultati ottenuti dall'applicazione della norma UNI 11156 (Dpp), si schiacciano e si avvicinano maggiormente alla vita utile reale (osservando i valori medi, lo scostamento si aggira intorno al -5,22%), rispetto ai risultati ottenuti applicando la norma ISO 15686. Questi ultimi risultano, caratterizzati da un andamento meno omogeneo e complessivamente molto più distanti, dalla vita utile reale discostandosi talvolta anche del 44% circa da essa e comunque considerando i valori medi, lo scostamento si aggira intorno al +18,26%.

Diagrammando i valori medi di RLCm, ESLCm e Dppm ottenuti considerando tutti i fabbricati oggetto di studio e rappresentandoli sotto forma di istogramma si conferma come i valori ottenuti utilizzando le relazioni fornite dalla UNI 11156 si avvicinano molto più alla RLC rispetto a quelli ottenuti utilizzando la ISO 15686. In particolare la vita utile media dell'elemento tecnico intonaco risulta essere nel primo caso minore del 0,92% (ovvero di 1 anno circa). L'ESLC risulta essere superiore rispetto alla RLC del 18,26% ovvero di 3,5 anni.



Dunque sulla scorta dei risultati conseguiti considerando tutte le facciate dell'edificio, in merito alla durabilità del componente intonaco esterno, tra le metodologie utilizzate, quella che consente di ottenere risultati più prossimi a quelli reali è il metodo basato su dati rilevati da edifici campione.

Tirando le somme della questione, dal confronto sperimentale dei metodi di previsione della vita utile del componente edilizio intonaco esterno degli edifici con il comportamento effettivo in servizio si evince che:

il Metodo fattoriale proposto dalla ISO 15686, nella sua attuale formulazione sembra presentare troppe possibilità di errore, per di più nel senso di sovrastimare la vita utile rispetto a quanto effettivamente si riscontra nella realtà, presumibilmente a causa della eccessiva indeterminatezza nella valutazione di RSL;

il Metodo indiretto per il calcolo della durata proposto dalla UNI 11156 sembra offrire una maggiore attendibilità dei risultati, in quanto molto vicini a quelli reali, probabilmente per il maggior grado di oggettività con cui si assegnano i punteggi ai fattori che influiscono sul degrado, ed anche perché non esiste discrezionalità nel valore di Dpp, che è fisso ed invariabile.

#### **7.4 PROPOSTA DI MODIFICA AL METODO FATTORIALE PROPOSTO DALLA ISO 15686.**

Nonostante la sua ampia praticabilità, questo metodo semplificato che stima la vita utile in condizioni di progetto mediante la correzione della vita utile di riferimento (RSL) con dei fattori moltiplicativi, presenta l' inconveniente di fornire risultati che si discostano notevolmente dai valori reali di durata.

Siccome il metodo di valutazione della durabilità dei componenti, in prima analisi, prevede la stima di valori di durata di Vita Utile in condizioni convenzionali di riferimento (Reference Service Life), dato iniziale di input nelle fasi progettuali per un confronto selettivo tra diverse soluzioni afferenti alla medesima classe di elementi tecnici, ritengo opportuno, al fine di consentire una stima maggiormente affidabile, proporre l'utilizzo del metodo usufruendo di un valore di RSL (Reference Service Life) estrapolato da un database creato proprio come strumento per condividere conoscenze sulla vita utile dei componenti edilizi che risulterà un ponte interattivo tra gli "specialisti di prodotti e componenti", che possono fornire dati utili alla creazione ed integrazione, ed "utenti o progettisti", che hanno bisogno di dati sulla vita utile.

Lo scopo di avere un'indicazione sulla RSL è quello di limitare l'errore di trasporto tra la condizione di riferimento e la condizione di stima. Tale strumento di collaborazione, consente la condivisione fra tutti i diversi soggetti del processo di costruzione e, al tempo stesso, di facilitare ulteriori implementazioni per la pianificazione della durata.

L'esistenza di un database sui prodotti da costruzione garantisce il reperimento di informazioni sui materiali da costruzione, in modo da consentire una migliore valutazione e scelta dei materiali stessi. Inoltre esso potrebbe essere un mezzo che incentivi i produttori, spinti dalla necessità di dover offrire prodotti che forniscono dati comparabili con quelli indicati nel database, a migliorare

l'intero mercato dei prodotti da costruzione così da rispettare sia le norme nell'ambito della direttiva sui prodotti da costruzione sia il requisito di sostenibilità e dunque di durata.

Il valore di RSL utilizzato proviene da una piattaforma internazionale<sup>1</sup> realizzata da associazioni scientifiche ed in particolare dal CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment) e dal Politecnico di Milano. Essa gode inoltre dell'appoggio di diverse associazioni e organizzazioni del settore e fornisce a titolo indicativo, valori di durate di vita medie per delle infrastrutture e delle installazioni di media qualità, nel contesto di usura normale.

La "piattaforma sulla vita dei prodotti da costruzione"; è uno strumento collaborativo. Offre una organizzazione della conoscenza sotto forma di griglie in cui vengono archiviati e indicizzati i dati per stimare la durata di vita dei prodotti da costruzione e valutare tutti i fattori che incidono sulla sostenibilità del lavoro (qualità materiali, qualità di esecuzione, l'ambiente, gli utenti, manutenzione). Queste rubriche sono state progressivamente sviluppate con gli utenti e in collaborazione con gli esperti dei componenti interessati. I dati raccolti sono documentati con le informazioni necessarie per una durata oggettiva e affidabile. Alla fine, sarà possibile valutare tutti i fattori che riguardano la vita dei componenti di una struttura. Una volta capitalizzati nella piattaforma, questi dati saranno disponibili per tutti gli attori della costruzione alla ricerca di informazioni documentate sulle vite.

In tale database è possibile rilevare un valore di durata di vita per l'intonaco esterno, considerando un normale contesto di usura di 25 anni.

Dunque ritengo opportuno riproporre l'utilizzo del metodo Fattoriale proposto dalla ISO 15686 su uno qualunque degli edifici analizzati per verificare se utilizzando un valore di RSL diverso da quello proposto nella norma ma pari a quello estrapolato dal database sopra menzionato e cioè pari a 25 anni, si ottengono risultati più vicini al valore di RLC. Ovviamente quanto appena proposto dovrà essere ulteriormente validato su una serie di casi studio.

#### **7.4.1 Riapplicazione del metodo Fattoriale (su via Enrico Alvino 2) modificando il valore di RSLC.**

Si ripropone l'utilizzo del metodo Fattoriale considerando la RSLC pari a 25 anni come proposto dal database realizzato dal CSTB di Grenoble e dal Politecnico di Milano e non più pari a 40 anni come proposto nella tabella che suggerisce valori di vite utili minime per componenti edilizi contenuta nella ISO 15686-1:2000.

Il Metodo Fattoriale può essere espresso dalla seguente produttoria:

---

<sup>1</sup> La descrizione della piattaforma e le informazioni sono disponibili on-line su [www.duree-de-vie-batiment.fr](http://www.duree-de-vie-batiment.fr)

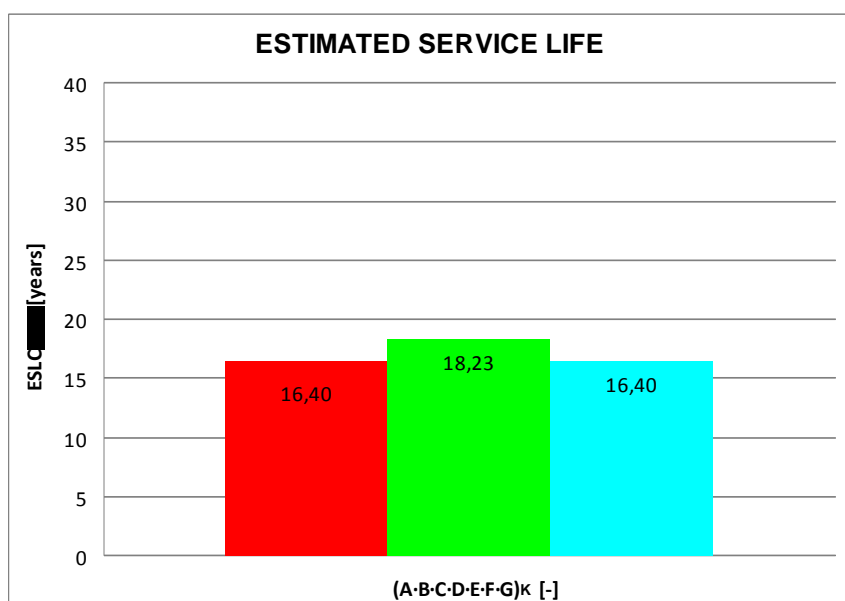
$$ESLC = RSLC * (A * B * C * D * E * F * G)$$

Si calcola la ESLC considerando la RSLC pari a 25 anni per i vari prospetti dell'edificio valutando i vari fattori correttivi che sono stati lasciati inalterati rispetto a quanto precedentemente calcolato nel capitolo 6.

La sperimentazione condotta sulle facciate dell'edificio da luogo ai seguenti risultati:

ESLC = ESTIMATED SERVICE LIFE OF A COMPONENT					
AGENTS	MULTIPLICATIVE FACTORS		FRONT S	FRONT N	FRONT O
QUALITY OF COMPONENT	A	Quality of components	1,00	1,00	1,00
	B	Design level	1,00	1,00	1,00
	C	Work execution level	0,90	0,90	0,90
ENVIRONMENT	D	Indoor environment	1,00	1,00	1,00
	E	Outdoor environment	0,90	0,90	0,90
UTILIZATION	F	In-use conditions	0,90	1,00	0,90
	G	Maintenance of level	0,90	0,90	0,90
$(A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G)_K$			0,66	0,73	0,66
RSLC [YEARS]			25,00		
ESLC <sub>K</sub> [YEARS]			16,40	18,23	16,40

Riportando quanto elaborato in forma grafica:



#### 7.4.2 Confronto dei risultati ottenuti con la modifica.

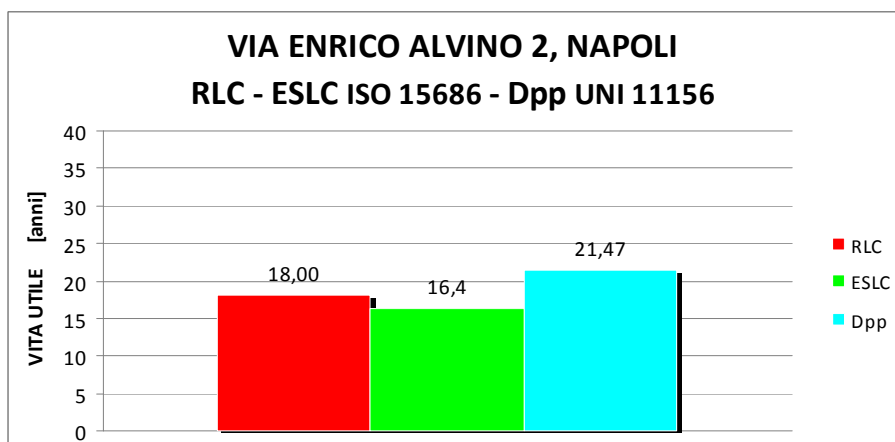
I risultati raggiunti in seguito all'applicazione delle metodologie proposte dalle norme per ogni caso studio, sono a questo punto confrontati per analizzare al meglio la differenza tra il comportamento reale dell'elemento tecnico intonaco e le previsioni effettuate secondo i metodi presentati dalle norme, si è posto in relazione il valore desunto dall'osservazione del comportamento effettivo in servizio del fabbricato (RLC) con il valori di ESLC e  $D_{pp}$ , e si sono valutate le differenze percentuali.

Considerando tutte le facciate dell'edificio il raffronto viene effettuato tra il minimo valore della vita utile dell'intonaco ed il valore minimo di RLC, quindi conducendo una valutazione pessimistica basata sul tempo della prima disfunzione si possono riassumere i seguenti risultati:

COMPARAZIONE TRA I RISULTATI				
RLC	ESLC ISO 15686	$D_{pp}$ UNI 11156	VARIAZIONE % ESLC-RLC	VARIAZIONE % $D_{pp}$ -RLC
18,00 [anni]	16,40 [anni]	21,47 [anni]	- 8,89 [%]	+ 19,28 [%]

Rappresentando i risultati in un istogramma:





Dunque in seguito all'utilizzo dei metodi su tutte le facciate dell'edificio analizzato si sono confrontati i valori minimi di vita utile stimata e durata più probabile<sup>2</sup> con il valore reale minimo di durata dell'intonaco dell'edificio oggetto di studio e si sono evidenziati i seguenti risultati:

- adoperando la ISO 15686 la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risulta essere inferiore del 8,89 % ovvero di 1,6 anni in meno della RLC dell'edificio, prima della modifica invece la vita utile dell'elemento tecnico intonaco risultava essere superiore del 45,78 % ovvero di 8,24 anni in più rispetto alla RLC,
- utilizzando invece il metodo proposto dalla UNI 11156 la vita utile dell'intonaco risulta superiore dell' 19,28% ovvero di 3,47 anni in più rispetto alla RLC.

In seguito alla modifica, la vita utile dell'intonaco ottenuta correggendo la vita utile di riferimento RSLC (posta pari a 25 anni) e mantenendo inalterati i fattori moltiplicativi (compresi tra 0,8 e 1,2) utilizzati precedentemente che tengono conto delle particolari condizioni in cui il componente è utilizzato, fornisce un valore che *si discosta meno rispetto a prima della modifica dal valore reale di durata*. Altro aspetto positivo in seguito alla modifica condotta è che con il metodo Fattoriale si è orientati verso una valutazione che definirei “prudenziale” infatti il segno meno dinanzi alla variazione percentuale ci pone a vantaggio di sicurezza.

<sup>2</sup> Per il calcolo della Dpp vedere cap.6 paragrafo 6.13.4

## **7.5 EVOLUZIONE DEL METODO INDIRETTO PER IL CALCOLO DELLA DURATA SULLA BASE DI DATI RILEVATI DA EDIFICI CAMPIONE.**

Accertato il buon funzionamento del metodo indiretto per il calcolo della durata proposto dalla UNI 11156, è stato pensato di intervenire per ovviare all'unico punto debole che si riscontra in seguito all'utilizzo del metodo e cioè ovviare al processo di calcolo abbastanza complesso e ripetitivo. Si è pensato di realizzare un software di calcolo che con una chiara e semplice interfaccia d'input consente all'utente con rapidi e semplici click di ottenere il valore di durata dell'intonaco esterno degli edifici.

Il software è un software web e come tale viene eseguito all'interno di un browser. I vantaggi sono i soliti delle web application. È multiplatforma (cioè funziona in ambiente windows, linux, max os, ecc.) e non incorre in problemi di compatibilità delle varie versioni dei sistema operativi (cioè funziona su windows xp, windows seven, windows 8... e funzionerà anche con i successivi). Per l'utente non sono necessarie installazioni, nè aggiornamenti.

Il vantaggio forse più grande è che, a differenza di un software standalone (quelli cioè che installi su un computer), qualora fosse riscontrato un bug, o fosse necessario un aggiornamento/miglioramento qualsiasi, è sufficiente aggiornare quanto pubblicato sul server.

La compatibilità è con qualsiasi browser, a patto di usare una versione non eccessivamente vecchia (Internet Explorer 8 e successivo, Firefox 8 e successivi, Safari 5 e successivi, Chrome, ecc.).

Non è stata testata la compatibilità coi browser dei dispositivi mobile (smartphone, tablet, ecc.).

Il software è basato su Html5 e Javascript.

Per la parte di presentazione è stato utilizzato Html5, Css3 e, in particolare, è stato largamente utilizzato il framework Bootstrap (ver. 2.3.0).

La parte di logica è stata realizzata in Javascript e ha fatto utilizzo del framework JQuery (ver 1.7.1).

L'applicazione al momento è deployata su un server Apache Httpd (ver. 2.2) su sistema operativo Linux (distribuzione 64 bit di Amazon) in esecuzione su server virtuale della cloud Amazon (Amazon AWS - EC2).

L'utilizzo del software è possibile agli utenti accedendo all'indirizzo <http://dpp.meetweb.it/>.

## BIBLIOGRAFIA

- Bardelli P. G., Borasi V., Rilevamento del comportamento nel tempo degli elementi costituenti l'involucro esterno di un edificio. Metodi per una scelta corretta del livello di qualità degli stessi in funzione della loro manutenibilità programmata, Atti del I Congresso Nazionale dell'Area Produzione Edilizia del CNR, Ancona, 1984.
- Bassan M., Valutazione della durabilità di materiali e componenti, Modulo n. 7-8/85.
- CIB W086, Building Pathology, 11th International Conference on Durability of Building Materials and Components, 2008.
- CIB W080/RILEM TC 175, Prediction of Service Life of Building Materials and Components, Factor method: state of art, 2004.
- CIB W080/RILEM TC 175, Prediction of Service Life of Building Materials and Components, Engineering design method, 2004.
- Codello R. 1996 , Gli intonaci, Alinea editrice, Firenze.
- Daniotti B., Lupica Spagnolo S., Hans J., Chorier J. 2008, "Service Life Estimation using Reference Service Life Databases and Enhanced Factor Method", Proceeding of the 11<sup>th</sup> International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vol. IV, pp. 1459-1466, 11-14 May 2008, Istanbul, Turkey.
- De Pascale A. 2003, Modifying factors in a method for estimating service life in Atti del Management of durability in the Building process, Milano 25-26 Giugno.
- Di Giulio R. 2001, Manuale di manutenzione edilizia, Maggioli, Milano.
- Di Giulio R. 1995, Qualità edilizia programmata, Hoepli, Milano.
- Feiffer C. 1997, La conservazione delle superfici intonacate. Il metodo e le tecniche, Skira, Milano.
- Hans J., Chorier J., Chevalier J. L., Lupica Spagnolo S. 2008, French National Service Life information platform, Proceeding of the 11<sup>th</sup> International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vol. IV, pp. 1467-1474, 11-14 May 2008, Istanbul, Turkey.
- Hovde P. J. 1998, Evaluation of the Factor Method to estimate the Service Life of building components, Materials and Technologies for Sustainable Construction, CIB World Building Congress, Gävle, Sweden.
- Hovde P. J., Moser K. 2004, Performance Based Methods for Service Life Prediction – State of the Art Reports, CIB Report – Publication 294.

- Hovde, P. J. 2004, Factor methods for service life prediction, CIB Publication, Rotterdam.
- Hunter K., Hari S., Kelly J. 2005, A whole life costing input tool for surveyors in UK local government, Structural Survey, Vol. 23, num. 5, pp. 346-358, Emerald Group Publishing Ltd.
- Maggi P.N., Daniotti B., Alaimo G., Ciribini A., Morra L., Nicoletta M., Rodonò U., 2008, The durability of building components, ediTecnica.
- Maggi, P.N. et al. 2000, La qualità tecnologica dei componenti edilizi: la durabilità, Eptesto, Milano.
- Maggi, P.N. et al. 2001, La qualità tecnologica dei componenti edilizi: la valutazione della durabilità, Eptesto, Milano Manuale dell'architetto, CNR..
- Marcello Picone, "Tecnologia della produzione edilizia", UTET, Torino 1984.
- Micocci F. e Pulcini G., Gli intonaci. Materiali, tipologie, tecniche di posatura e finitura, degrado e recupero, NIS, Roma 1991.
- Molinari C., La manutenzione edilizia, Angeli, Milano, 1990.
- Moser K., Edvardsen C. 2002, Engineering Design Methods for Service Life Prediction, Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Conference on Durability of Building Materials and Components, Brisbane, Australia.
- Nicoletta M., Patologie ricorrenti del tufo giallo dell'area napoletana: diagnosi, procedimenti operativi, manutenzione programmata, atti del Convegno Internazionale "Il tufo calcareo e la pietra leccese", Iris – CNR, Bari, 1993.
- Nicoletta M., Russo F., La manutenzione programmata delle opere in c.a.: riflessi di carattere gestionale nelle tecnologie degli interventi di recupero, Atti del convegno Aicap, Napoli, 1989.
- Nicoletta M. 2000, Affidabilità e durabilità degli elementi costruttivi in edilizia, CUEN, Napoli.
- Nicoletta M. 2000, Methodology for calculation of constructive elements life cycle, Atti del Convegno Internazionale "Mantenimiento y gestion de los edificios", Barcellona.
- Nicoletta M. 2000, Valutazione sperimentale nel tempo degli elementi costruttivi, Atti del Convegno Internazionale "La prova del tempo – Verifica degli interventi per la conservazione del costruito", Bressanone.
- Nicoletta M., 17-20 April 2005, 10DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Lyon.

- Nicolella M., 2004, Programmazione degli interventi in edilizia, UNI, Milano.
- Nicolella M., 2003, A methodological hypothesis for estimating service life, in Atti del Convegno Internazionale Management of durability in the Building process, Milano 25-26 Giugno.
- Nicolella M., 2002, Components service life: from field test to methodological hypothesis, Atti del 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components, Brisbane, Australia.
- Re Cecconi F. 2004, "Engineering method for service life planning: the evolved factor method", Proceeding of the CIB World Building Congress, Toronto, Canada.
- Trivella L., Problematiche dell'involucro esterno: interventi di manutenzione delle opera di pitturazione, in "Il Recupero – cura e manutenzione", Bema, Milano, 1994.

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni
- C.M. 617/2009 Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni
- D.M. 09/01/1996 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16/01/1996 Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni di carichi e sovraccarichi
- D.M. 27/07/1985 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.P.R. 412/93 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10
- D.P.R. 554/1999 Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni
- ISO 15686 Building and constructed assets. service life planning
- ISO 15686-1:2000 General principles
- ISO 15686-2:2001 Service life prediction procedures
- ISO 15686-3:2002 Performance audits and reviews
- ISO 15686-4:2003 Data requirements
- ISO 15686-5:2008 Life cycle costing

- ISO 15686-6:2004 Procedure for considering environmental impact
- ISO 15686-7:2006 Performance evaluation for feedback of service life data from practice
- ISO 15686-8:2008 reference service life and service-life estimation
- ISO 15686-9:2008 Guidance on assessment of service-life data
- ISO 15686-10:2010 When to assess functional performance
- ISO 15686-11 Terminology
- UNI 11156 Valutazione della durabilità dei componenti edilizi
- UNI 11156-1:2006 Terminologia e definizione dei parametri di valutazione
- UNI 11156-2:2006 Metodo per la valutazione della propensione all'affidabilità
- UNI 11156-3:2006 Metodo per la valutazione della durata (vita utile)

## **SITI INTERNET**

- <http://www.iso.org/iso/home.html>
- <http://www.uni.com/>
- <http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>
- <http://www.duree-de-vie-batiment.fr>
- <http://www.cstb.fr>
- <http://www.rilem.net/>
- <http://www.sirena.na.it/>
- <http://it.wikipedia.org/>
- <http://dpp.meetweb.it/>

## **RINGRAZIAMENTI**

*Alla fine di questo percorso di ricerca durato tre anni, desidero ringraziare con sincera gratitudine tutti coloro che hanno contribuito, in modo più o meno diretto, al compimento del lavoro.*

*In modo particolare desidero ringraziare i miei tutors, il Prof. Ing. Maurizio Nicoletta per la gentilezza e la disponibilità con cui mi ha guidata e per i numerosi consigli, le indicazioni e i documenti che mi ha fornito durante il percorso di studio e per la stesura finale del lavoro, il Prof. Ing. Pasquale Petrella che con paterna, amorevole disponibilità mi ha indirizzato e guidato con la sua professionalità ed umanità in questo percorso formativo necessario alla realizzazione del lavoro all'interno dell'università.*